

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2020

**ALICE
KREMEROVÁ**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne 4. 1. 2020

.....

Bc. Alice Kremerová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí své diplomové práce paní Ing. Miloslavě Popenkové, CSc. za její cenné rady a vedení při vypracování této diplomové práce. Zvláště bych ráda poděkovala své nejbližší rodině za psychickou, finanční i odbornou podporu nejen při vypracovávání této práce, ale v průběhu celého mého studia.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Kremerová</u>	Jméno: <u>Alice</u>	Osobní číslo: <u>423153</u>
Zadávací katedra: <u>(K122) Technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>(N3607) Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>(3607T045) Příprava, realizace a provoz staveb</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Environmentální dopady nosných stavebních konstrukcí rodinných domů</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Environmental impacts of load-bearing constructions of family houses</u>	
Pokyny pro vypracování: Teoretická část diplomové práce bude zahrnovat teoretické informace ohledně možností hodnocení stavebních materiálů dle různých aspektů a parametrů. Dále bude analyzována environmentální stavební legislativa jak v České republice, tak mimo ni. Praktická část diplomové práce bude zaměřena na návrh velikostně a energeticky srovnatelných rodinných domů z rozdílných nosných konstrukcí. Dále bude provedena analýza na životní prostředí dle českého podkladu pro stavebních materiálů a konstrukcí Envimat.	
Seznam doporučené literatury: ŽELEZNÁ, Julie. Stavební výrobky a životní prostředí - projekt Envimat. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05348-5. ŘÍHA, Josef. Posuzování vlivů na životní prostředí: metody pro předběžnou rozhodovací analýzu EIA. 2001. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-010-2353-2. KOČÍ, Vladimír. LCA a EPD stavebních výrobků: posuzování životního cyklu a environmentální prohlášení o produktu jako cesta k udržitelnému stavebnictví. 2012. Praha: Česká rada pro šetrné budovy, 2012. ISBN 978-80-260-3504-6.	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Miloslava Popenková, CSc.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>26.09.2019</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>5. 1. 2020</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Obsah

Úvod	10
Cíle diplomové práce	10
1. Trvale udržitelná výstavba	12
2. Environmentální politika.....	16
2.1. Mezinárodní environmentální politika.....	16
2.2. Environmentální politika České republiky.....	16
2.3. Normy z oblasti udržitelnosti budov.....	18
2.3.1. ČSN EN 15643 Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov – Část 1: Obecný rámec	18
2.3.2. ČSN EN 15978 Udržitelnost staveb – Posuzování environmentálních vlastností budov – Výpočtová metoda	20
2.3.3. ČSN ISO 15392 Udržitelnost ve výstavbě – obecné principy	20
3. Stavby a životní prostředí	21
3.1. Životní cyklus budovy.....	22
3.2. Posuzování životního cyklu – LCA.....	23
3.2.1. Fáze I – Definice cíle a rozsahu.....	25
3.2.2. Fáze II – Inventarizační analýza	25
3.2.3. Fáze III – Analýza dopadu, hodnocení vlivů	26
3.2.4. Fáze IV – Interpretace výsledků a návrh zlepšení	26
4. Environmentální značení	28
4.1. Environmentální značení typu I.....	28
4.2. Environmentální značení typu II.....	30
4.3. Environmentální značení typu III.....	31
4.4. Porovnání environmentálních značení.....	34
5. Certifikace udržitelnosti budov.....	35

5.1. BREEAM.....	37
5.2. LEED.....	39
5.3. SBTtoolCZ	42
6. Hodnocené parametry stavebních materiálů	45
6.1. Tepelně-technické parametry.....	45
6.1.1. Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK].....	45
6.1.2. Součinitel prostupu tepla U [W/m ² K].....	45
6.2. Environmentální parametry	49
6.2.1. Spotřeba primární energie – PEI	50
6.2.2. Potenciál globálního oteplování – GWP	51
6.2.3. Potenciál acidifikace prostředí – AP	53
6.2.4. Potenciál eutrofizace prostředí – EP.....	54
6.2.5. Potenciál tvorby přízemního ozónu – POCP	55
6.2.6. Potenciál úbytku ozónové vrstvy – ODP	57
7. Návrh referenčního rodinného domu	60
7.1. Založení rodinného domu	61
7.1.1. Železobetonová základová deska.....	61
7.1.2. Zemní vruty.....	62
7.2. Nosná konstrukce rodinného domu.....	63
7.2.1. Keramické zdivo (Porotherm)	63
7.2.2. Plynosilikátové zdivo (Ytong).....	64
7.2.3. Železobeton.....	66
7.2.4. SIPs panel (Europanel).....	67
8. Analýza vlivu referenčního rodinného domu na životní prostředí.....	69
8.1. Porovnání variant rodinných domů dle tepelně-technických parametrů.....	69

8.2. Porovnání variant rodinných domů dle environmentálních parametrů.....	70
8.2.1. Spotřeba primární energie	71
8.2.2. Potenciál globálního oteplování	72
8.2.3. Potenciál acidifikace prostředí	73
8.2.4. Potenciál eutrofizace prostředí	74
8.2.5. Potenciál tvorby přízemního ozonu.....	75
8.2.6. Potenciál úbytku ozonové vrstvy.....	75
Závěr.....	77
9. Zdroje a použitá literatura	79
9.1. Použitá tištěná literatura.....	79
9.2. Použité zákony a normy.....	79
9.3. Použité elektronické dokumenty	81
9.4. Seznam zkratek	89
9.5. Seznam obrázků	90
9.6. Seznam grafů.....	91
9.7. Seznam tabulek	91
9.8. Seznam příloh.....	92

Anotace

Environmentální dopady nosných stavebních konstrukcí rodinných domů

Diplomová práce zabývá popisem trvale udržitelné výstavby, environmentální politiky, posuzování životního cyklu, environmentálních značek a prohlášení a dále certifikací udržitelnosti budov. Práce představuje technické a environmentální hodnocení parametrů stavebních materiálů, na jejichž základě je následně provedeno posouzení referenčního rodinného domu. Varianty referenčního rodinného domu se liší nosnými konstrukcemi – keramické zdivo, plynosilikátové zdivo, železobeton a SIPs panel, a dále způsobem založení – železobetonová základová deska či zemní vruty.

Klíčová slova:

Trvale udržitelná výstavba, environmentální politika, posuzování životního cyklu (LCA), environmentální značky a prohlášení, certifikace udržitelnosti budov, environmentální parametry stavebních materiálů

Abstract

Environmental impacts of load-bearing constructions of family houses

The diploma thesis deals with the description of permanent sustainable construction, environmental policy, life cycle assessment, environmental labels and declarations and certification of building sustainability. The thesis presents a technical and environmental evaluation of building materials parameters, on the basis of which the assessment of the reference family house is carried out. The variants of the reference family house differ in load-bearing structures - ceramic masonry, gas-silicate masonry, reinforced concrete and SIPs panel, and in the way of foundation - reinforced concrete foundation slab or ground screws.

Keywords

Sustainable construction, environmental policy, life cycle assessment (LCA), environmental labels and declarations, building sustainability certification, environmental performance of building materials

Úvod

V současné době, na začátku třetí dekády 21. století, nám příroda dává čím dál více najevo, že její zatěžování v současné míře je nadále neúnosné. Přírodní katastrofy v podobě dlouhotrvajících období sucha nebo ničivých povodní jsou důkazem, že udržitelnost životního prostředí je již na hranici možností. Lidská populace pomalu, ale jistě začíná hledat možnosti ke zmírnění těchto katastrof. Popularizovaný zákaz používání plastových brček či slepé zvýhodňování „zelených“ alternativ však evidentně není cestou vedoucí ke zlepšení současného stavu.

Budovy a zastavěná území dle dostupných dat spotřebovávají až 40% energie, 20% vody a 40% zdrojů dostupných na Zemi a produkují až 33% skleníkových plynů cca 40% veškerého člověkem vytvořeného odpadu.

Stavebnictví se tedy jeví jako obor, ve kterém je možné hledat značné rezervy při produkci škodlivých látek a odpadů. V případě, že je budova posuzována dle environmentálních parametrů již od jejího prvotního návrhu, je možné náklady na toto řešení minimalizovat. Posuzování životního cyklu spolu s exaktním vyčíslením dopadů na životní prostředí pro konkrétní navrhovanou budovu představují objektivní možnosti posouzení nejen pro velké komplexy, ale i pro rodinné domy.

Je tedy nutné i u materiálů, které jsou výrobcem prezentovány jako šetrné k životnímu prostředí, sledovat množství vyprodukovaných emisí při jejich výrobě.

Cíle diplomové práce

Cílem diplomové práce je řešerše trvale udržitelného rozvoje, aktuální environmentální politika, posouzení životního cyklu budovy a environmentálního značení a prohlášení. Následně jsou představeny možnosti certifikace udržitelnosti staveb dvěma nejznámějšími světovými a jedním národním certifikátem. Dále jsou teoreticky popsány parametry stavebních materiálů, a to jak technické, tak environmentální.

V praktické části diplomové práce je navržen referenční rodinný dům s pěti variantami materiálového řešení nosné konstrukce. Čtyři varianty rodinného domu jsou založeny na železobetonové desce s nosnými konstrukcemi z keramického zdiva POROTHERM, z plynosilikátového zdiva YTONG, ze železobetonu a ze SIPs panelů EUROPANEL. Pátá varianta rodinného domu je založena na zemních vrutech s nosnou konstrukcí ze SIPs panelů EUROPANEL. Následně je vypočteno environmentální zatížení jednotlivých variant rodinných domů dle skutečného množství materiálu.

1. Trvale udržitelná výstavba

Anglický pojem sustainability, tedy udržitelnost, vyjadřuje trendy rozvoje techniky, ekonomiky a společnosti se zřetelem na životní prostředí. Mezi hlavní spotřebitele materiálových a energetických zdrojů se řadí výstavba a provoz budov. *Dle dat organizace UNEP-SBCI (United Nations Environmental Programme – Sustainable Buildings and Climate) spotřebovávají budovy až 40% energie, 20% vody a 40% zdrojů dostupných na Zemi a produkují až jednu třetinu skleníkových plynů.* [2] Stavebnictví a zastavěné prostředí (tj. životní prostředí změněné stavební činností) pak produkují přibližně 40% veškerého člověkem vytvořeného odpadu. [w1] [w2] [1] [2]

Trvale udržitelný rozvoj představuje kvalitativně nový přístup lidské společnosti k sobě samé, ke svému okolí, krajině a jejím zdrojům. Trvale udržitelná výstavba pak nový přístup k navrhování, realizaci a provozování budov tak, aby zajišťovala potřeby současnosti – splňovala široké spektrum požadavků funkčních, ekonomických, environmentálních, sociálních a kulturních, a přitom neomezovala možnosti uspokojit potřeby generací budoucích. [w1] [w2] [1] [2]



Obr. 1 – Trvale udržitelná výstavba

Zdroj: <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2019/06/environment-Sustainability-1.png>

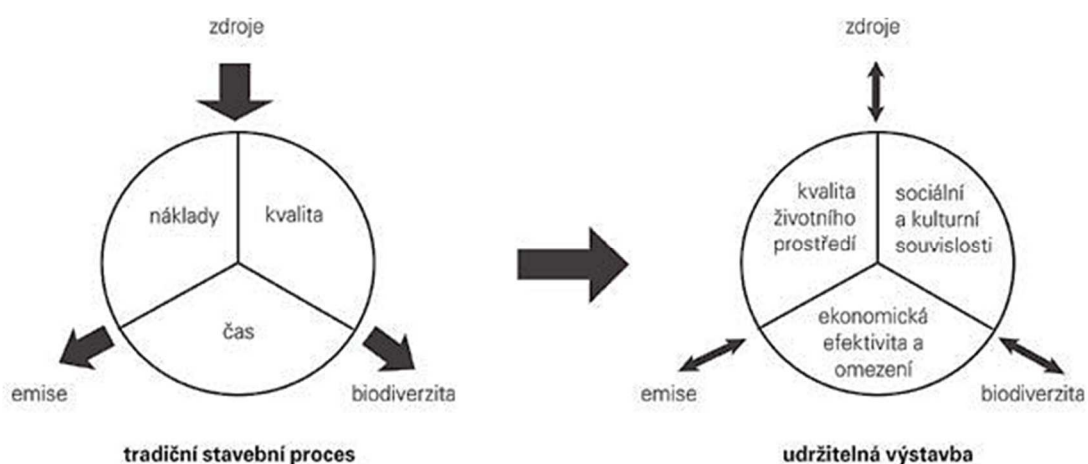
V České republice jsou základní pojmy zásady ochrany životního prostředí zakotveny v zákoně č. 17/1992 Sb. o životním prostředí. Zde jsou definovány důležité pojmy z oblasti životního prostředí vycházející z principu trvale udržitelného rozvoje. Trvale udržitelný rozvoj je definován jako *rozvoj, který*

současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby, a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů. [Z1] [w1]

Základní požadavky při navrhování staveb vycházejí stále ještě z tradičního přístupu upřednostňujícím maximální ekonomický efekt bez významnějšího ohledu na dopady na životní prostředí. Mezi základní požadavky se řadí kvalita konstrukčního řešení, náklady a čas potřebné k realizaci stavby. Na základě požadavků stavebníka se mezi nimi hledá kompromis. Naproti tomu udržitelná výstavba zdůrazňuje význam omezování negativních vlivů staveb na životní prostředí při současném vyvážení ekonomických, environmentálních a socio-kulturních aspektů. Tři základní pilíře trvale udržitelného rozvoje se dělí do oblastí:

- kvalita životního prostředí,
- ekonomická efektivita a omezení,
- sociální a kulturní souvislosti,

ze kterých následně vyplývají základní kritéria udržitelné výstavby. Transformační proces z tradičního pojetí stavební výroby do nového pojetí udržitelné výstavby je zobrazen na obr. č. 2. [w1]



Obr. 2 – Transformační proces

Zdroj: https://www.casopisstavebnictvi.cz/UserFiles/Image/0705/14_proces.jpg

Environmentální aspekty [w1]

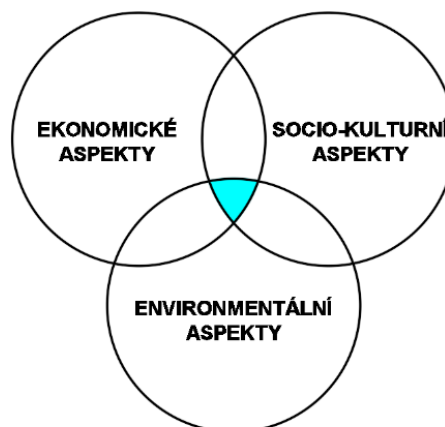
- *Zvýšení energetické účinnosti výstavby a provozování budov*
- *Efektivnější využívání materiálových zdrojů*
- *Snížení množství emisí a odpadů*
 - *Snížování emisí (CO₂, SO₂, C₂H₄, NO_x, PO₄, CFC) svázaných s vlastní výstavbou a provozováním budov*
- *Snížení spotřeby kvalitní vody*
- *Příspěvek k trvale udržitelnému rozvoji sídel*

Ekonomické aspekty [w1]

- *Optimalizace nákladů na realizaci budovy při zajištění maximální funkční kvality a minimálních environmentálních dopadů v rámci celého životního cyklu*
- *Optimalizace provozních nákladů v průběhu celého životního cyklu*
- *Zajištění dlouhodobé životnosti budovy*
- *Podpora rozvoje místní ekonomiky a zaměstnanosti*

Socio-kulturní aspekty [w1]

- *Zvýšení kvality a funkčnosti vnitřního i vnějšího prostředí budov*
- *Zajištění bezpečnosti vnitřního prostředí i okolí budovy*
- *Pozitivní ovlivnění místního společenského klima a zaměstnanosti*
- *Ochrana a udržování kulturního dědictví*



Obr. 3 – Primární aspekty udržitelnosti

Udržitelná budova je dle aspektů popsaných výše taková budova, která bude nejen šetrná k životnímu prostředí (environmentální aspekty), ale také by její provozování nemělo být významně nákladné (ekonomické aspekty) a měla by být uživatelsky komfortní (socio-kulturní aspekty). [1] [2]

Cesta k udržitelné výstavbě je v uplatňování nových principů návrhu, nových materiálů a technologií jejich zpracování, nových technologií výstavby, včetně její organizace, nových metod posuzování a hodnocení staveb, při současném zachování architektonické a konstrukční pevnosti a variability v navrhování staveb. [w1] Mezi hlavní překážky pokroku udržitelné výstavby se řadí především profesionální a institucionální setrvačnost, nedostatečné či nevhodné prostředky pro podporu účasti investorů, nedostatek či nekvalita informací a politická nestabilita (volební období vlád omezují dlouhodobější pohled). [1] [5] [w1]

2. Environmentální politika

Koncem šedesátých a začátkem sedmdesátých let 20. století začaly vznikat první základy moderní environmentální politiky. Environmentální politikou se zabývali nejprve ekonomicky vyspělé země, ve kterých docházelo ke stále rostoucímu znečišťování životního prostředí v důsledku rychlého hospodářského rozvoje. Následně byly formovány základní cíle a principy environmentální politiky a byla přijata základní legislativa. [2] [w3]

Environmentální politika je definována jako *politika zaměřená na usměrňování chování společnosti (v nejširším slova smyslu) v souladu s cílem zachování podmínek života na Zemi*. [w3] Environmentální politiku je možné řešit na globální, mezinárodní, státní, regionální nebo lokálního úrovni.

2.1. Mezinárodní environmentální politika

Mezinárodní environmentální politika má za cíl ovlivňovat rozhodování jednotlivých subjektů v souladu s cíli vytyčenými pro řešení globálních environmentálních problémů. Mezinárodní environmentální politika může být v některých případech v rozporu s mezinárodní finanční, obchodní či bezpečnostní politikou z důvodu jejího izolovaného vzniku a vývoje od jiných oblastí mezinárodní politiky.

Rozhodující postavení v oblasti mezinárodní environmentální politiky má OSN a její instituce:

- UNEP – Program Spojených národů pro životní prostředí
- UNESCO – Organizace OSN pro výchovu, vědu a kulturu
- UNIDO – Organizace Spojených národů pro průmyslový rozvoj
- WRI – Světový ústav zdrojů
- IUCN – Světová unie pro ochranu zdrojů

2.2. Environmentální politika České republiky

V České republice upravuje environmentální politiku svými zákony a strategickými dokumenty především Ministerstvo životního prostředí ČR.

Základní dokument státní správy pro dlouhodobý udržitelný rozvoj a zvyšování kvality života všech obyvatel udávající směr rozvoje České republiky a její společnosti při respektování přírodních limitů v příštích desetiletích představuje „Strategický rámec Česká republika 2030“. Dokument představuje základní rámec pro ostatní strategické dokumenty vytvářené na národní, krajské i místní úrovni. Klíčové oblasti Strategického rámce Česká republika 2030 jsou zobrazeny na obr. č. 4.



Obr. 4 – Klíčové oblasti Strategického rámce Česká republika 2030

Zdroj: <https://www.cr2030.cz/strategie/wp-content/uploads/sites/2/2018/05/Kapitoly-big-1.png>

Zastřešující strategický dokument environmentální politiky je „Státní politika životního prostředí České republiky 2012 – 2020“ (dále jen SPŽP) vymezující plán na realizaci efektivní ochrany ŽP v ČR do roku 2020. *Hlavním cílem je zajistit zdravé a kvalitní životní prostředí pro občany žijící v České republice, výrazně přispět k efektivnímu využívání veškerých zdrojů a minimalizovat negativní dopady lidské činnosti na životní prostředí, včetně dopadů přesahujících hranice státu, a přispět tak ke zlepšování kvality života v Evropě i celosvětově.* [w4] SPŽP je zaměřena na tematické oblasti zahrnující ochranu a udržitelné využívání zdrojů, ochrana klimatu a zlepšení kvality ovzduší, ochrana přírody a krajiny a bezpečné prostředí. [w3] [w4]

Mezi hlavní nástroje realizace Státní politiky životního prostředí ČR patří:

- Zvyšování povědomí veřejnosti v otázkách životního prostředí, environmentálního vzdělávání, její výchovy a osvěty
- Právní nástroje
- Ekonomické nástroje
- Dobrovolné nástroje
- Nástroje strategického plánování
- Nástroje zapojování veřejnosti
- Výzkum a vývoj
- Mezinárodní spolupráce
- Institucionální nástroje

2.3. Normy z oblasti udržitelnosti budov

Soubor norem řady EN 15000 poskytuje jednotný evropský systém pro posuzování udržitelnosti budov a stavebních produktů (výrobků i služeb), který je založen na přístupu zohledňujícím jejich životní cyklus a jehož hlavním cílem je umožnit porovnatelnost výsledků. [w8] V případě posouzení udržitelnosti dle těchto norem jsou kvantifikovány dopady a aspekty environmentálních, sociálních a ekonomických vlastností budov pomocí kvantitativních a kvalitativních indikátorů. [w5]

2.3.1. ČSN EN 15643 Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov – Část 1: Obecný rámec

Norma ČSN EN 15643 je základní pětidílná evropská norma z oblasti udržitelnosti budov. Jedná se o rámcovou normou zastřešující ostatní normy z dané oblasti. Norma poskytuje všeobecné principy, požadavky a pravidla pro posuzování udržitelnosti budov ve všech třech pilířích udržitelnosti – environmentálního, sociálního a ekonomického. Norma také bere v úvahu technické

charakteristiky a funkčnost budovy. Normu je možné použít pro všechny typy budov – jak pro nové (pro posouzení celého životního cyklu budov), tak pro již existující (pro posouzení zbývajících životnosti budov a konce životního cyklu). *Norma klade důraz na používání důvěryhodných, transparentních a systematických metod posuzování s cílem dosáhnout ověřitelnosti, transparentnosti a porovnatelnosti* [2]. [1] [2] [N1]

Norma uvádí hlavní požadavky na metody posuzování:

- Stanovení hranic systému (tj. rozsahu posuzování)
- Stanovení funkčního ekvivalentu
 - Funkční ekvivalent je definován jako kvantifikované provozní požadavky a/nebo technické požadavky na budovu nebo montovaný systém (část stavby) použité jako základ pro srovnání
 - Funkční ekvivalent musí obsahovat nejméně informace o typu budovy, způsobu jejího využití, příslušné technické a funkční požadavky a požadovanou životnost
- Stanovení scénářů pro posuzování jednotlivých fází životního cyklu a určení životnosti budovy
- Stanovení požadavků na transparentnost dat, metodologií, výsledků, vytváření zpráv a prezentaci výsledků [N1]

Norma obsahuje celkem 6 částí:

- Část 1: Obecný rámec
- Část 2: Rámec pro posuzování environmentálních vlastností
- Část 3: Rámec pro posuzování sociálních vlastností
- Část 4: Rámec pro posuzování ekonomických vlastností
- Část 5: Rámec specifických principů a požadavků pro inženýrské stavby

2.3.2. ČSN EN 15978 Udržitelnost staveb – Posuzování environmentálních vlastností budov – Výpočtová metoda

Cílem normy ČSN EN 15978 je předložit výpočtová pravidla pro kvalitativní posuzování environmentálních vlastností nových a existujících budov a rekonstrukcí, a to na základě posuzování životního cyklu (LCA) a dalších kvantifikovaných environmentálních informací. Posuzování budov zahrnuje všechny s ní související stavební výrobky, procesy a služby objevující se v průběhu celého životního cyklu budovy a je založeno na datech získaných z environmentálního prohlášení typu III – EPD. Dále také popisuje způsob vytváření hodnotících zpráv a sdělování výsledků posuzování. [N2] [1] [2]

Norma uvádí

- *popis předmětu posuzování,*
- *hranici systému platnou na úrovni budovy,*
- *postup, který se použije pro inventarizační analýzu,*
- *seznam indikátorů a postupy pro jejich výpočet,*
- *požadavky na prezentaci výsledků pro vytváření zpráv a při jejich sdělování,*
- *požadavky na data potřebná pro výpočet [N2]*

2.3.3. ČSN ISO 15392 Udržitelnost ve výstavbě – obecné principy

Mezinárodní norma ČSN ISO 15392 určuje a stanovuje obecné principy udržitelnosti, které jsou základem souboru norem řešící specifické otázky a aspekty udržitelnosti. Obecné principy vycházejí z cílů udržitelného rozvoje ve výstavbě. Principy se týkají nejen výstavby pozemních a inženýrských staveb, ale i materiálů, výrobků, služeb a procesů spojených s životním cyklem staveb. [1] [2] [N3]

Norma je součástí souboru mezinárodních ISO norem z řady Udržitelnost ve výstavbě. Norma poskytuje informace na úrovni rámcové normy ČSN EN 15643-1 a úzce souvisí s vývojem norem z řady EN 15000. [1] [2]

3. Stavby a životní prostředí

V současnosti se pomalu začíná měnit přístup investorů i veřejnosti k dopadům lidské činnosti na životní prostředí. Tento přístup podporuje nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 305/2011, které bylo publikováno dne 4. 4. 2011 s úplnou účinností od 1. 7. 2013, stanovující harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh. Zde jsou v příloze 1 uvedeny základní požadavky na stavby:

1. *mechanická odolnost a stabilita,*
2. *požární bezpečnost,*
3. *hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí,*
4. *bezpečnost a přístupnost při užívání,*
5. *ochrana proti hluku,*
6. *úspora energie a tepla*
7. *udržitelné využívání přírodních zdrojů [Z2]*

Sedmý požadavek na udržitelné využívání přírodních zdrojů byl do nařízení nově doplněn. Zde se stanovuje následující:

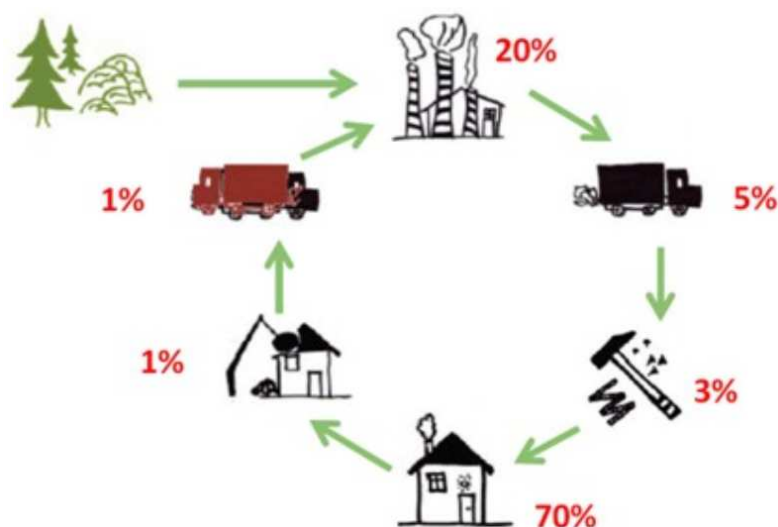
Stavba musí být navržena, provedena a zbourána takovým způsobem, aby bylo zajištěno udržitelné využití přírodních zdrojů a zejména:

- a) *opětovné využití nebo recyklovatelnost staveb, použitých materiálů a částí po zbourání;*
- b) *životnost staveb;*
- c) *použití surovin a druhotných materiálů šetrných k životnímu prostředí při stavbě. [Z2]*

Možné posouzení 7. základního požadavku je metoda posuzování životního cyklu (LCA) a na této metodě založené environmentální prohlášení typu III (EPD).

3.1. Životní cyklus budovy

Životní cyklus výrobku zahrnuje veškeré procesy, které se odehrají v průběhu celého života budovy. Rozděluji se na výrobní fázi (těžba surovin a výroba stavebních materiálů), fázi výstavby budovy (vč. dopravy stavebních materiálů na místo stavby), provozní fázi (provoz a údržba budovy) a fázi konce životního cyklu (demolice budovy vč. procesů souvisejících s nakládáním s odpady). [1] [2]



Obr. 6 – Relativní množství environmentálních dopadů během různých stádií životního cyklu budov

Zdroj: [1]



Obr. 5 – Životní cyklus budovy

Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/docu/clanky/0085/008519o1.png>

Na obrázcích č. 5 a č. 6 jsou zobrazeny životní cykly běžné budovy během celého jejího životního cyklu při uvažování životnosti budovy 50-100 let. Je zde patrné, že nejvýznamnější fází je fáze provozní se 70% environmentálních dopadů, a to především z důvodu spotřeby energie nutné pro její provoz. Druhá výrazná fáze je fáze výrobní s 20% dopady. V tomto případě

provozní fáze domu natolik převažovala ostatní fáze, že se zdály být zanedbatelné a nebylo nutné je posuzovat.

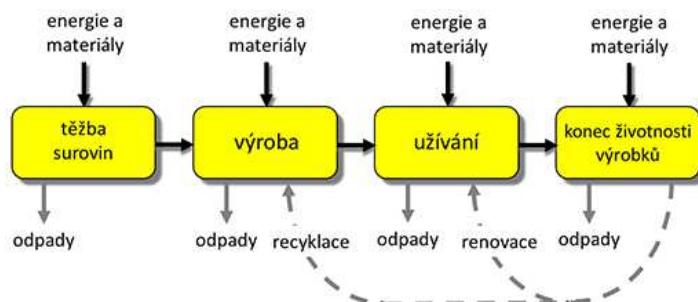
V současnosti, kdy legislativní předpisy značně upravují množství potřebné energie pro provoz budovy, již fáze provozní klesá k úrovni 20% environmentálních dopadů během celého životního cyklu budovy. V případě energeticky šetrných až pasivních budov může provozní fáze klesnout dokonce až k 5% environmentálních dopadů. V těchto případech se výrobní fáze dostává na první místo v procentuálním vyjádření environmentálních dopadů s hodnotami od 70% do 85% v závislosti na velikosti fáze provozní.

3.2. Posuzování životního cyklu – LCA

Zkratka LCA pochází z anglického názvu Life Cycle Assessment, tj. posuzování životního cyklu výrobků, služeb a technologií, obecně lidských produktů. Jedná se o základní, nejtransparentnější a také nejpřesnější metodu k získávání konkrétních environmentálních dat. Dle normy ČSN ISO 14040 je metoda LCA definována jako *shromažďování a vyhodnocování vstupů, výstupů a možných dopadů produktového systému na životní prostředí během jeho životního cyklu*. [N4] S rostoucím zájmem o životní prostředí se metoda LCA řadí mezi nejdůležitější informační nástroje environmentálně orientované výrobní politiky, nebere však v úvahu ekonomické ani sociální aspekty výrobků nebo procesů. [1] [2] [N4] [w5] [w6] [w7]

Cílem analytické metody LCA je *kvantifikovat veškeré toky mezi produktovým systémem a životním prostředím a přiřadit jim potenciální environmentální dopad*. [2] [w7]

Metoda LCA je velmi komplexní, složitá a finančně náročná, založená na systematickém přístupu hodnotícím dopady produktu na životní prostředí po celý jeho životní cyklus. Tento přístup je znám také pod označením „od kolébky do hrobu“ (cradle to grave) viz obr. č. 7. [w5]



Obr. 7 – Od kolébky do hrobu

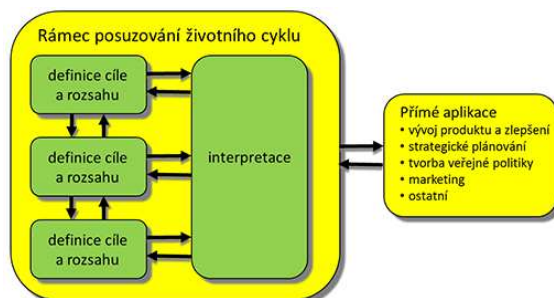
Zdroj: https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/clanky/0061-lca/01-cradle-to-grave.png

Velkou výhodou metody LCA, požadující důsledné vyjadřování environmentálních dopadů lidských činností pomocí kategorií dopadu, je schopnost identifikace nežádoucího geografického přesouvání environmentálního problému z místa na místo, popř. z jedné kategorie do druhé. Od 1.1.2020 je pomocí legislativních předpisů určeno minimální snížení množství neobnovitelné primární energie o 25%. V tomto případě energie, která je vyráběna např. pomocí fotovoltaických solárních panelů, upřednostněna před elektrickými kotli nebo plynovými kondenzačními kotli. V místě sledované budovy dochází ke zdánlivému snížení emisí. Fotovoltaické solární panely sice při svém provozu emise do ovzduší neuvolňují, je však nutné sledovat značné množství nežádoucích látek, k jejichž vyprodukování dochází při výrobě těchto panelů. [1] [2]

Normy, ve kterých je obsažena podrobná metodologie LCA analýzy jsou ČSN EN ISO 14040 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova a ČSN EN ISO 14044 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice. [w5]

LCA analýza je strukturována do 4 fází [w5]:

1. *Definice cíle a rozsahu (Goal and scope definition)*
2. *Inventarizační analýza (Inventory analysis)*
3. *Analýza dopadu, hodnocení vlivů (Impact assessment)*
4. *Interpretace výsledků a návrh zlepšení (Interpretation, Improvement assessment)*



Obr. 8 – Fáze LCA

Zdroj: https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/clanky/0061-lca/02-zivotni-cyklus.png

3.2.1. Fáze I – Definice cíle a rozsahu

Jedná se o úvodní, plánovací fázi posuzování, ve které jsou definovány cíle studie, její rozsah a předpokládané využití výsledků. Definice cílů studie a její rozsah má pro LCA zásadní význam. *Cíl LCA stanovuje zamýšlené použití, důvody vypracování studie, zamýšlenou skupinu adresátů a zda jsou výsledky určeny pro použití v porovnávacích tvrzeních, která mají být přístupné veřejnosti.* [N4] Rozsah studie musí být svou šíří, hloubkou a podrobností odpovídající stanovenému cíli. Důležité je i definování účelu studie, okrajových podmínek studie a pro koho jsou výsledná data určena, tady zda bude studie použita pro interní účely organizace provádějící LCA či pro účely externí. V průběhu studie lze na základě průběžně získávaných dat rozsah studie upřesňovat. [N4] [w6] [w7]

3.2.2. Fáze II – Inventarizační analýza

Druhá fáze LCA analýzy je označována také jako analýza inventarizace životního cyklu (LCI). LCI zahrnuje proces sběru a zpracování údajů s cílem kvantifikace spotřeby energie a materiálů, produkci znečišťujících látek, odpadů a dalších výstupů po dobu životního cyklu výrobků nebo procesů. Postup provádění inventarizační analýzy je iterativní, tzn. že po ukončení sběru údajů mohou vzniknout požadavky na nové údaje nebo nová omezení a je nutné provést změny v postupech sběru údajů, popř. revidovat cíle a/nebo rozsah studie. Data použitá v analýze, musí splňovat základní požadavky na jejich kvalitu, mezi které se řadí přesnost, úplnost, reprezentativnost, rozsah, konzistence, reprodukovatelnost a zdroj dat. [N4] [w6] [w7]

3.2.3. Fáze III – Analýza dopadu, hodnocení vlivů

Třetí fáze LCA analýzy je označována také jako fáze posuzování dopadů životního cyklu (LCIA). LCIA se zaměřuje na vyhodnocování významu potenciálních environmentálních dopadů na životní prostředí jednotlivých položek inventarizační analýzy. Provádí se posuzování dopadů poskytujících jak kvantitativní, tak kvalitativní zhodnocení dopadů výrobků nebo procesů na lidské zdraví a životní prostředí. *Potenciální dopady se hodnotí tak, že se srovnává významnost všech emisních toků a porovnává se s jejich celkovými známými dopady lidské činnosti na životní prostředí v dané kategorii.* [w7] Definovaný cíl studie a její rozsah záleží na úrovni detailu, volbě hodnocených dopadů a použitých metodologií. Při výběru, modelování a vyhodnocování kategorií dopadu může být do analýzy zanesena subjektivita, proto je pro posuzování dopadů podstatná transparentnost zajišťující jasně popsání a zaznamenané předpoklady. *LCIA se zaměřuje pouze na environmentální problémy, které jsou specifikované v cíli a rozsahu.* [N4] Výstupem LCIA jsou soubory výsledků indikátoru různých kategorií dopadu, kterou se rozumí třída představující určitý problém z hlediska životního prostředí, který je výsledkem lidské činnosti. Kategorií dopadu může být například úbytek neobnovitelných zdrojů, změny klimatu, úbytek stratosférického ozonu, acidifikace, eutrofizace, zápach, hluk či ztráty na životech. Fáze LCIA poskytuje informace pro poslední, interpretační fázi životního cyklu. [N4] [w6] [w7]

3.2.4. Fáze IV – Interpretace výsledků a návrh zlepšení

Poslední, čtvrtou fází LCA analýzy je interpretace jejích výsledků a návrh zlepšení.

Interpretace životního cyklu je složena z následujících etap:

- *identifikace významných problémů,*
- *hodnocení,*
- *formulace závěrů a doporučení.* [w7]

Etapa identifikace významných problémů vychází z poznatků získaných v druhé (LCI) a ve třetí (LCIA) fázi analýzy s cílem identifikace environmentálních problémů daného produktového systému, ke kterým je stanovena jejich závažnost. Jsou hledány možnosti, jakými by se dala snížit spotřeba energie či surovin a jak by se mohli snížit dopady na životní prostředí. [N4] [w6] [w7]

Hodnoticí etapa LCA analýzy má za cíl zvýšení její důvěryhodnosti. Interpretace životního cyklu produktového systému podává kompletní a důsledné informace o výsledcích LCA studie. Jsou zde uvedena všechna průběžná i závěrečná data včetně předpokladů, zjednodušení a aproximace, která byla přijata v průběhu LCI a LCIA. Hodnoticí etapu, tak jako všechny ostatní části, je nutné provádět tak, aby vyhovovala definovanému cíli a rozsahu studie. [N4] [w6] [w7]

K poslední etapě, ve které dochází k formulaci závěrů a doporučení, je možné přistoupit teprve po úplném ukončení etap přechozích. Jejím účelem je stanovení závěrů dle předchozích postupů, objasnění omezení a poskytnutí doporučení pro zadavatele studie. [N4] [w6] [w7]

V závěrech je nutné, aby bylo jasně uvedeno:

- *Významná zjištění*
- *Souhrn kontroly úplnosti, citlivosti a soudržnosti jak pro samotné výsledky, tak také pro použité metody*
- *Formulace předběžných závěrů studie společně s kontrolou, zda odpovídají požadavkům z první fáze [w7]*

Jsou-li předběžné závěry soudržné a vyhovující, je možné formulovat závěry definitivní. Formulace doporučení se odvíjí od definice cíle a rozsahu studie a měla by poskytovat snadno pochopitelný, kompletní a ucelený popis výsledů LCA. [N4] [w7]

4. Environmentální značení

Environmentální značení a prohlášení výrobků a produktů (angl. environmental labelling) jsou nástrojem environmentálního managementu, mezinárodním konceptem založeném na normách Mezinárodní organizace pro normalizaci řady ISO 14000. Základní informace a obecné zásady pro environmentální značení je shrnuto v normě ČSN EN ISO 14020 – „Environmentální značky a prohlášení – Obecné zásady“. Výrobky a produkty označené ekoznačením se vyznačují několika základními vlastnostmi, mezi které patří zejména kvalita, šetrnost k životnímu prostředí a hospodárnost. Značení si klade za úkol poskytnout spotřebiteli vyhodnocení vlastností výrobků a produktů a důvěryhodné, ověřitelné, přesné a nezavádějící informace o vlivech daného výrobku na životní prostředí. *Environmentální značka nebo prohlášení může mít podobu sdělení, symbolu nebo obrazce na výrobku nebo na obalu výrobku, v dokumentaci k výrobku, v technických bulletinech, v reklamě nebo v propagaci.* [N5] Zavedení tohoto značení spadá do oblasti dobrovolných nástrojů environmentální politiky, tzn. že je pro výrobce dobrovolné a není ze zákona povinností. Ovšem v případě získání ekoznačení dochází k celkovému zlepšení reputace podniku a zvýšení konkurenceschopnosti daného výrobku či produktu. *Celkovým cílem environmentálních značek a prohlášení je povzbudit poptávku a nabídku takových produktů, které způsobí menší tlak na životní prostředí.* [w9] Výsledkem by následně mělo být neustálé, volným trhem řízené environmentální zlepšování. [2] [N5] [w8] [w9] [w10] [w11] [w13]

Dle rozhodnutí Ministerstva životního prostředí je v České republice realizován tzv. „Národní program environmentálního značení“ („NPEZ“), dle kterého existují celkem tři standardizované typy environmentálního značení a prohlášení, které budou probrány dále. [N5] [w8]

4.1. Environmentální značení typu I

Environmentální značení typu I, tzv. ekoznačka (anglicky ecolabelling), se řídí normou ČSN EN ISO 14024 – „Environmentální značky a prohlášení – Environmentální značení typu I – Zásady a postupy“. Dle definice převzaté z

normy je environmentální značení typu I *dobrovolný program třetí strany, založený na uplatnění více kritérií, který uděluje licenci opravňující k používání environmentálních značek na produktech, které ukazují v rámci určité produktové kategorie na celkovou největší vhodnost produktu z environmentálního hlediska s ohledem na jeho životní cyklus*. [N6] Třetí stranou se zde rozumí osoba či orgán uznané za nezávislé na zúčastněných stranách v dané záležitosti. Zkráceně lze říci, že ekoznačením jsou označeny výrobky s nižšími negativními dopady na životní prostředí než výrobky s nimi srovnatelné. K získání označení je nutné, aby pro daný výrobek byla již definována kategorie v rámci Ekoznačky ČR. Konkrétní kritéria, která musí posuzovaný výrobek splnit, předepisuje Ministerstvo životního prostředí ČR pomocí Technické směrnice pro určitou skupinu výrobků. [2] [N6] [w9] [w10]

Typ I je nejstarším typem environmentálního značení, poprvé byl uplatněn v roce 1978 v Německu. Jeho vznik byl podnícen ochotou veřejnosti k ochraně životního prostředí pomocí nákupu ekologicky šetrných výrobků. Teprve v roce 1999 došlo k jeho normalizaci a zavedení oficiálního názvu. V té době byl však již celosvětově značně využíván. Ekoznačka je reprezentována grafickým logem registrovaným jako ochranná známka. Na obrázku č. 9 je zobrazena česká ekoznačka, tzv. „Ekologicky šetrný výrobek“, a ekoznačka evropská, tzv. „EU Ecolabel“ nazývaný také „kytička“. [N6] [w8] [w11]



Obr. 9 – Česká a evropská ekoznačka

Zdroje: https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2019/02/Logo_E%C5%A0V_bez_cisla.png; https://www.the-recycler.com/wp-content/uploads/2017/03/Ecolabel_03.jpg

Ekoznačka je ochrannou známkou zaregistrovanou u Úřadu průmyslového vlastnictví. [w8] V České republice uděluje ekoznačku od roku 1994 Agentura pro ekologicky šetrné výrobky při České informační agentuře životního prostředí (CENIA). [w10]

4.2. Environmentální značení typu II

Environmentální značení typu II, tzv. vlastní environmentální tvrzení, se řídí normou ČSN EN ISO 14021 – „Environmentální značky a prohlášení – Vlastní environmentální tvrzení (environmentální značení typu II)“. *Vlastní environmentální tvrzení vydávají výrobci, dovozci, distributoři, maloobchodníci či kdokoliv jiný, bude-li mít z takového tvrzení prospěch.* [N7] Určení konkrétních kritérií pro vlastní environmentální tvrzení si volí výrobce sám. I přes to však musí výrobci dodržovat zásady, mezi které patří např. přesnost, veřejná ověřitelnost (tzv. ověření druhou stranou), doložitelnost a relevantnost. [N7] [w9] [w13]

Typ II environmentálního značení je o více jak 20 let mladší než typ I. Vlastní environmentální tvrzení může nabývat jak grafické, tak psané formy zdůrazňující určitou vlastnost výrobku. Tvrzení bývá umístěno na produktu či na jeho obalu a může nabývat např. následujících podob: „kompostovatelný“, „rozložitelný“, „opakovaně použitelný“ či „opakovaně plnitelný“. V případě, že se jedná o tvrzení ohledně recyklovatelném nebo o recyklovaném obsahu, musí být grafickou podobou tzv. Möbiova smyčka. Na obrázku č. 10 jsou zobrazeny příklady grafického vyjádření tvrzení. [N7] [w11] [w13]



Obr. 10 – Grafické příklady vlastního environmentálního tvrzení – Möbiova smyčka, kompostovatelný, rozložitelný

Zdroje: <https://www.businessinfo.cz/app/content/images/Clanky/recyklace-symbol-sipky-zelene-500.jpg>
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcROAK4_a_LaAuHnACuCCGPwsCI0E_rWxBxOD4ZxeD-gzLW1IMC-k
https://ekologickeigelitky.cz/wp-content/uploads/2016/04/logo1_bez_pozadi.png

Pro vlastní environmentální tvrzení není nutná certifikace třetí nezávislou stranou. Subjekty mohou vytvářet tvrzení dle vlastního uvážení, jsou však zodpovědní za jeho vyhodnocení a musí být schopní předložit údaje nezbytné

pro jeho ověření. Agentura pro ekologicky šetrné výrobky vypracovala metodický postup pro jeho zpracování, aby nedocházelo k vyhotovování nesprávných (zavádějících, klamavých) nebo nevhodných (vágních, nedůvěryhodných) tvrzení. [N7] [w8] [w10] [w11]

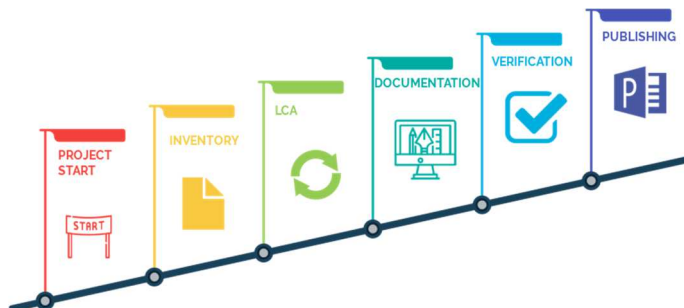
4.3. Environmentální značení typu III

Environmentální značení typu III, tzv. Environmentální prohlášení o produktu (dále jen „EPD“ – Environmental Product Declaration), se řídí normou ČSN EN ISO 14025 – „Environmentální značky a prohlášení – Environmentální značení typu III – Zásady a postupy“. Dle definice uvedené v normě je EPD *environmentální prohlášení poskytující kvantifikované environmentální údaje používající předem stanovené parametry a tam, kde je to relevantní, doplňkové environmentální informace*. [N8] Ucelený soubor informací o environmentálních aspektech posuzovaného produktu podává EPD za celý životní cyklus, tzn. od těžby surovin až po odstranění či recyklaci. EPD jako takové neznamena, že posuzovaný produkt je šetrný k životnímu prostředí. Udává měření, popř. výpočtem environmentální veličiny ovlivňující životní prostředí. Informace obsažené v EPD musí být nezávisle ověřeny a mají za cíl umožnit porovnání mezi produkty plnícími identickou funkci. Velkou výhodou EPD je jeho věrohodnost, nevýhodou pak náročné zpracování a s tím spojené finanční výdaje. EPD lze použít v případě, kdy nelze získat Environmentální označení typu I z důvodu neexistence odpovídající kategorie v rámci Ekoznačky ČR. [N8] [w8] [w9] [w10] [w12] [w13]

EPD je z environmentálních značení nejmladší, bylo normalizováno až v roce 2006. EPD není reprezentováno konkrétním označením či symbolem na výrobku či na jeho obalu. Jedná se o několika stránkový dokument, povinně obsahující informace dle pravidel dané produktové kategorie uvedené v normě ČSN EN ISO 14025. [N8] [w11]

Při získávání EPD je nutné zpracování prohlášení založeného na analýze LCA nezávislým orgánem, poté ověření prohlášení orgánem akreditovaného Českým orgánem pro akreditaci (v ČR např. Výzkumný ústav pozemních staveb – Certifikační společnost s.r.o.), a nakonec registrace v registru CENIA.

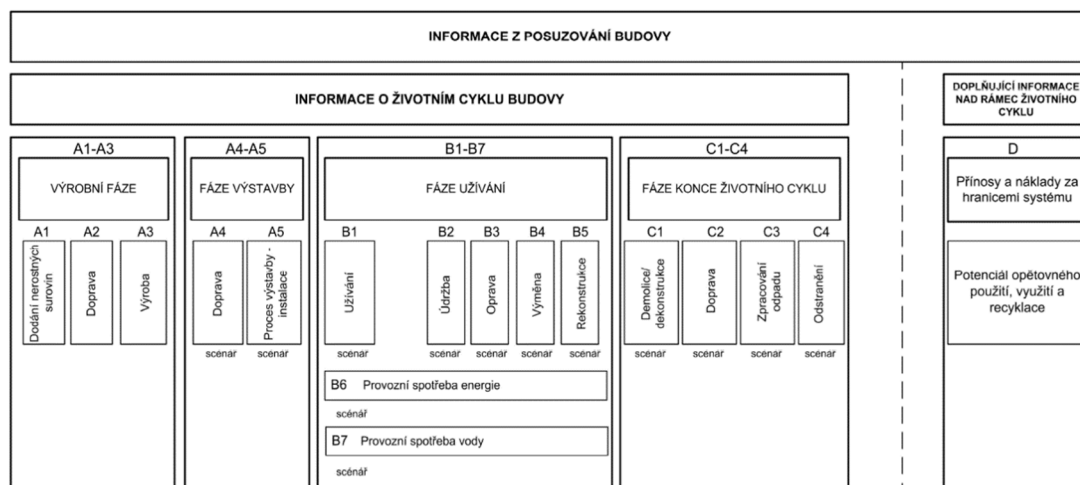
Procesní management tvorby EPD je zobrazen na obrázku č. 11. Získání EPD je sice ze všech tří environmentálních prohlášení nejnáročnější, na druhou stranu však zajišťuje produktu prestiž na globální úrovni. [w11] [w12] [w13]



Obr. 11 – Procesní management tvorby EPD

Zdroj: <https://www.semtrio.com/image/data/Epd/en-epd-2.png>

Norma ČSN EN15804 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Základní pravidla pro produktovou kategorii stavebních výrobků s účinností od 1.8.2014 poskytuje základní pravidla produktové kategorie (PCR). PCR jsou definovány jako sestava zvláštních pravidel, požadavků a směrnic pro vývoj EPD pro všechny stavební výrobky, stavební služby a stavební procesy. Díky struktuře, uvedené v této normě, je zajištěno, že všechna EPD budou získávána, ověřována a prezentována harmonizovaným způsobem. Informace z EPD jsou prezentovány v tzv. informačních modulech (obr. č. 12). Informační moduly umožňují snadnou organizaci a prezentaci souborů dat z průběhu celého životního cyklu produktu. [N9]

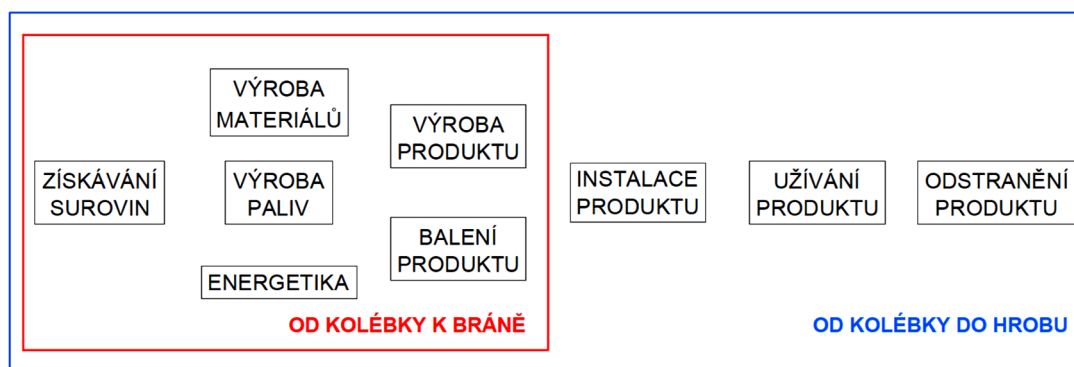


Obr. 12 – Informační moduly požadované ČSN EN 15804

Zdroj: ČSN EN 15804

Tato norma popisuje tři základní typy EPD založené na LCA lišící se rozsahem hranic produktového systému (obr. č. 13):

- EPD od kolébky po bránu („cradle to gate“) zahrnující pouze výrobní fázi (informační modul A1 – A3), tj. dodávku surovin, dopravu, výrobu a související procesy
- EPD od kolébky po bránu s možnostmi („cradle to gate with options“) zahrnující výrobní fázi (informační modul A1 – A3) a další vybrané volitelné fáze životního cyklu
- EPD od kolébky po hrob („cradle to grave“) zahrnující celý životní cyklus výrobku (informační moduly A1 – C4, možné D), tj. výrobní fázi, instalaci do budovy, provoz a údržbu, výměny, demolici, zpracování odpadu pro opětovné použití, využití, recyklaci a odstranění, a následné odstranění.



Obr. 13 – Hranice produktového systému

Zdroj: vlastní zpracování

Norma ČSN EN 15942 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Formát komunikace mezi podniky s účinností od 1.2.2013 harmonizuje (sjednocuje a zjednodušuje) způsob prezentace EPD v Evropě. Stanovuje a popisuje formát pro předávání informací definovaných v normě ČSN EN 15804. Předávání informací a komunikace probíhá pouze mezi podniky (business-to-business), nikoliv mezi podnikem a koncovým spotřebitelem. Norma poskytuje soubor tabulek, které je nutné vyplnit, aby byla zajištěna jednotnost informací. [2] [N10]

4.4. Porovnání environmentálních značení

Následující tabulka č. 1 podává stručné porovnání všech environmentálních značení dle základních charakteristik.

Typ	Environmentální značení a prohlášení		
	I	II	III
Norma ČSN EN ISO	14024	14021	14025
Ověření nezávislou stranou	ANO	Není vyžadováno	ANO
Certifikace třetí stranou	ANO	Není podmínkou	ANO
Součinnost vnějších orgánů	Maximální	Není vyžadována	Méně závislý
Sortiment produktů	Produktové kategorie pro výrobky a služby	Veškeré druhy produktů	Produktové kategorie pro výrobky
Náklady	Střední	Minimální	Maximální
Důvěryhodnost	Vysoká	Relativní	Vysoká

Tab. 1 – Základní charakteristiky environmentálních značení a prohlášení

Zdroj dat: vlastní zpracování

5. Certifikace udržitelnosti budov

Environmentální certifikace udržitelnosti budov je *kvantifikované hodnocení míry naplnění kritérií trvale udržitelné výstavby*. [w17] Základem trvale udržitelné výstavby je sledování vyváženosti návrhu a provedení stavby ve třech základních pilířích – environmentálně-technickém, sociokulturním a ekonomickém. Certifikace tedy hodnotí celkový dopad budovy na životní prostředí. Je možné je chápat jako nezávislé audity budov v různých fázích jejich životního cyklu (LCA). *Certifikací šetrných budov se tedy rozumí proces, který začíná rozhodnutím investora o jejím provedení, probíhá hodnocením budovy podle přesně dané osnovy kritérií a končí vydáním certifikátu*. [w15] Pro získání certifikace budovy je nutné splnění daných kritérií v určitém standardu, s čímž je u nových budov nutné počítat již ve fázi přípravy projektu. Čím vyšší environmentální standardy je budova schopna splnit, tím „lepší“ hodnocení následně získá. [1] [2] [w14] [w16] [w17]

Pro posouzení dopadů výstavby na životní prostředí je možné použití různých hodnotících nástrojů:

- Komplexní hodnotící nástroj zahrnující více než 100 hodnotících kritérií, budova i její okolí jsou posuzovány z hlediska trvalé udržitelnosti (BREEAM, LEED, SBToolCZ apod.)
- Vybrané užší hledisko či konkrétní požadavek hodnotící celou budovu např. hledisko energetické náročnosti budovy, hledisko nákladů životního cyklu atd. (Athena, Energy Plus apod.)
- Posouzení specifických kritérií či parametrů hodnotících pouze určité, předem vybrané vlastnosti, např. environmentální vlastnosti materiálů a konstrukcí (SimaPro, BEES apod.) [1] [2]

Původně vznikaly environmentální certifikace jako národní projekty. V případě certifikace BREEAM se jedná o Velkou Británii, LEED vznikala v USA. Současným trendem je rozšiřování systémů na globální úroveň. V České republice jsou certifikace jak pro komerční sféru, tak pro budovy financované z veřejných rozpočtů dobrovolné. V některých zemích, např. v Německu či v USA, jsou certifikace pro projekty financované z veřejného rozpočtu povinnosti. V dnešní době však i investoři mají zájem na co nejnižších

dopadech jejich budov na životní prostředí, certifikace jim tudíž slouží jako transparentní důkaz o kvalitě budovy. Mezi další výhody certifikace budov pro investory jsou především vyšší atraktivita budovy v případě jejího prodeje a s tím spojena vyšší tržní hodnota a zisk, jistota kvalitního návrhu překračujícího minimální zákonné požadavky, nižší provozní náklady, zlepšení pracovních a životních podmínek v budovách a v neposlední řadě ohled na životní prostředí. [1] [2] [3] [w14] [w16] [w17] [w20]

Certifikaci je možné získat jak pro nový projekt, tak pro budovy stávající. Některá hodnotící kritéria je možné v projekční fázi ovlivnit, např. návrh obálky budovy či použití ekologických zdrojů vytápění. Jsou však i kritéria, která jdou ovlivnit minimálně či vůbec, např. lokalita stavby. Oblasti hodnocení pro novou výstavbu a pro budovy stávající jsou uvedeny níže.

Oblasti hodnocení nové výstavby [3]:

- *Celková spotřeba energií a zdrojů*
- *Kvalita managementu stavebního procesu*
- *Kvalita použitých materiálů*
- *Kvalita vnitřního prostředí*
- *Kvalita lokality stavby*
- *Úroveň znečištění*
- *Odpadové hospodářství*

Oblasti hodnocení stávajících budov [3]:

- *Provozní náklady budovy*
- *Management budovy*
- *Celková spotřeba energií a zdrojů*
- *Produkce a nakládání s odpady*
- *Kvalita vnitřního prostředí*

5.1. BREEAM

Označení certifikace BREEAM je zkratkou pro anglický název Building Research Establishment Environmental Assessment Method. Tato nejstarší metoda hodnocení udržitelnosti staveb byla poprvé představena v roce 1990 ve Velké Británii na půdě Britského výzkumného institutu pro budovy (BRE). [1] [w20]

Jedná se o nejpoužívanější certifikační metodu pro komerční budovy v Evropě z důvodu jejího založení na britské a evropské normativní základně. Je zde hodnocen celkový dopad budovy na životní prostředí s důrazem na trvalou udržitelnost výstavby. V České republice je možné použití systému BREEAM Europe Commercial zahrnující novou výstavbu administrativních, komerčních a průmyslových budov a BREEAM In-Use hodnotící stávající budovy. V případě potřeby použití certifikace BREEAM pro jiné typy výše uvedených budov je možné využít certifikační verze BREEAM International. [2] [w18] [w19] [w20]

Pro získání certifikace BREEAM je povinná účast akreditované osoby v certifikačním procesu. Jedná se buď o BREEAM Assessor (posuzovatel), případně o vyšší stupeň BREEAM Accredited Professional (profesionálně školený odborník). Proces certifikace je rozdělen do tří etap. V první etapě na začátku vývoje projektu je provedeno předběžné hodnocení, jenž má za cíl posouzení možného získání kreditů v jednotlivých hodnocených kategoriích a stanovení cílového hodnocení certifikace. Ve druhé etapě, kdy je již hotová kompletní dokumentace projektu, probíhá na jejím základně hodnocení návrhu projektu. Výsledkem druhé etapy je certifikace projektu. Poslední, třetí etapa projektu probíhá po výstavbě budovy, kdy je provedena povinná kontrola skutečného stavu sloužící pro posouzení odchylek od návrhového stavu projektu. Teprve po absolvování všech tří etap certifikace je možné získat finální certifikát. [2] [w18] [w20]

Certifikace BREEAM je rozdělena do celkem devíti hodnocených kategorií dle jejich vlivů na životní prostředí, viz tabulka č. 2. Kritéria hodnocení jednotlivých kategorií jsou aktualizována každé tři roky z důvodu reflexe aktuálních postupů a změn. Základním znakem certifikace BREEAM je to, že za






pouhé splnění platných předpisů dle dané země nejsou přidělovány žádné kredity. Teprve jejich překročení nad rámec místních předpisů a regulací umožňuje získání kreditů. [w18] [w20]

Hodnocené kategorie	Příklady implementace dané kategorie	Hodnocení [%]
Energie	Energetická účinnost, důraz na zamezení plýtvání energií	19
Zdraví a pohoda prostředí	Denní osvětlení, možnost přirozeného větrání	15
Materiály	Použití materiálů s nízkým dopadem na životní prostředí	12,5
Management	Environmentální dopady výstavby	12
Znečišťující látky	Použití vhodného chladiva, snížení emisí sloučenin oxidů dusíku	10
Využití půdy a ekologie	Zmírnění dopadu na životní prostředí	10
Doprava	Dostupnost MHD, podpora ekologických způsobů dopravy	8
Odpad	Stavební odpady a využití recyklace	7,5
Voda	Úsporné spotřebiče, opatření pro detekci úniku vody	6
CELKEM		100 %

Tab. 2 – Hodnocené kategorie certifikace BREEAM

Zdroj: vlastní zpracování

K celkově získanému procentuálnímu hodnocení je možné získat navíc dalších až 10% za inovativní řešení. *Inovativní řešení je takové opatření, které prokazatelně redukuje negativní dopady na životní prostředí a které nesmí být uvedeno v databázi inovativních řešení uplatněných v rámci jiných projektů hodnocených v systému BREEAM.* [2] Ze všech hodnotících kategorií je možné získat souhrnné skóre, které je následně převedeno do celkového procentuálního vyjádření, na jehož základě získá budova jedno z následujících označení viz tabulka č. 3. [w18] [w20]

Dosažitelné úrovně certifikace BREEAM			
Anglické označení	České označení	Procentuální hranice	Grafické označení
PASS	Vyhovují	≥ 30 %	
GOOD	Dobrá	≥ 45 %	
VERY GOOD	Velmi dobrá	≥ 55 %	
EXCELENT	Výborná	≥ 70 %	
OUTSTANDING	Mimořádná	≥ 85 %	

Tab. 3 – Dosažitelné úrovně certifikace BREEAM

Zdroj: vlastní zpracování

5.2. LEED

Certifikační systém LEED je zkratkou názvu Leadership in Energy and Environmental Design. Certifikace LEED se inspirovala britským systémem BREEAM a byla vyvinuta v USA v roce 1998 Americkou radou pro šetrné budovy (U.S. Green Building Council – USGBC). Certifikaci LEED uděluje americký certifikační orgán Green Building Certification Institute (GBCI). [1] [w20] [w21]

Certifikace LEED je nejrozšířenější světovou certifikací udržitelných staveb s ohledem na environmentální šetrnost a udržitelnost. Metodika certifikačního systému je založena především na amerických normách a na mezinárodních normách ISO. Pomocí certifikace LEED nejsou projekty hodnocené jen z hlediska environmentální a sociální šetrnosti, ale i z hlediska ekonomické výhodnosti. Jeho značné rozšíření v amerických státech bylo dáno úspěšnou spoluprací s místními institucemi i profesními organizacemi. Na území některých států USA bylo v případě úspěšné certifikace možno žádat o slevu na daních z nemovitosti. [w21] [w22] [w23]

Certifikace LEED má, obdobně jako BREEAM, několik podob pro certifikaci budov dle typu projektu a účelu výstavby. V ČR je možné získání certifikace LEED Construction zabývající se certifikací nové budovy vč. vnitřního zařízení. Pomocí LEED Core & Shell jsou certifikovány budovy určené pro tzv. spekulativní výstavbu (předpoklad že min. 50% plochy budovy bude určeno k

pronájmu), u kterých není ve fázi projektu obvykle znám budoucí uživatel a jeho nároky na budovu. Zde je certifikována obálka budovy a základní technické zařízení budovy. LEED Existing Building: Operation and Maintenance se specializuje na certifikaci budov, které jsou již v provozu. Zde je kladen největší důraz na facility management, měření spotřeby vody a energie a budoucí zlepšení. [w21] [w22] [w23] [w24]

V certifikačním procesu není účast akreditované osoby povinností. Je možné získat akreditaci LEED Green Associate, nebo vyšší stupeň LEED Accredited Professional. Třetí, nejvyšší stupeň, LEED Fellow je titul propůjčený společnostmi USGBC. Roli koordinátora certifikace však může zastávat kdokoliv mající potřebné znalosti a zkušenosti. Za přítomnost akreditovaného koordinátora však lze získat 1 bod. Postup certifikace je složen ze tří etap. V první etapě tzv. Design Review dochází k přípravě všech potřebných dokumentů a podkladů pro podání žádosti o certifikaci. V druhé etapě probíhá kompletace všech předem připravených dokumentů a podkladů dle požadavků certifikační organizace (GBCI). Tato etapa je zakončena samotným podáním žádosti o certifikaci. Ve třetí, poslední, etapě zpracovává GBCI žádost o certifikaci, kontroluje všechny předložené dokumenty a jejich realizaci (Construction Review) a uděluje body v jednotlivých kategoriích. Následuje dále vydání certifikace na základě počtu získaných bodů. [2] [w17] [w21]

Certifikace LEED je složena z několika kategorií měnících se dle typu či účelu budovy. Ke každé kategorii je přiřazeno určité bodové hodnocení. V tabulce č. 4 jsou uvedeny hodnocené kategorie pro novostavby administrativních budov a jím přiřazené bodové hodnocení. [w21]





Hodnocené kategorie	Příklady implementace dané kategorie	Hodnocení [bod]
Energie a ovzduší	Zpětné získávání tepla, pasivní i aktivní venkovní stínění	37
Lokalita	Důležitost lokality	28
Materiály a zdroje	Použití zdravích nezávadných materiálů, použití recyklovaných materiálů	13

Kvalita vnitřního prostředí	Senzory CO ₂ , dostatečné denní osvětlení	12
Hospodaření s vodou	Úsporné zařizovací předměty, využití dešťové vody	10
Inovace	Mimořádné vlastnosti budovy, regionálně preferované atributy	6
Místní priority	Dostupnost MHD	4
CELKEM		110 bodů

Tab. 4 – Hodnocené kategorie certifikace LEED

Zdroj: vlastní zpracování

Ze všech kategorií systému LEED je možné získat až 110 bodů. Dle celkového zisku bodů je následně určena úroveň certifikace dle tabulky č. 5. *Pro dosažení vysokého skóre je potřeba, aby budova byla šetrná z hlediska materiálů a dalších dopadů na životní prostředí, poskytovala zdravé a příjemné pracovní prostředí a její provoz byl ekonomicky výhodný oproti standardním budovám.* [w22]

Dosažitelné úrovně certifikace LEED				
Anglické označení	CERTIFIED	SILVER	GOLD	PLATINUM
České označení	Certifikovaný	Stříbrný	Zlatý	Platinový
Bodová hranice	40 – 49	50 – 59	60 – 79	80+
Grafické označení				

Tab. 5 – Dosažitelné úrovně certifikace LEED

Zdroj: vlastní zpracování

V České republice získal projekt administrativní budovy Praga Studios (Praha 8) firmy Skanska, a.s. certifikát LEED Platinum. Certifikovaný byl v kategorii Core & Shell a získal označení Platinum s 97 body. Díky zisku 97 bodů obsadila budova sdílené druhé místo v Evropě, zároveň však první místo v regionu střední a východní Evropy, a sdílené 3 místo v celosvětovém žebříčku.

Budova se ve druhém čtvrtletí roku 2019 prodala za 55 milionu eur (1,4 miliardy korun).



Obr. 14 – Praga Studios

Zdroj: https://c.citybee.cz/files/images/logos/praga_studios_1566464002.jpg
https://www.skanska.cz/globalassets/externalcontent2/project/praga-studios/f80c3873-7131-473f-883e-25e99c83586e_1.jpg?height=524&width=932&scale=both&mode=crop&bgcolor=

5.3. **SBToolCZ**

Certifikace SBToolCZ (Sustainable Build Tool – nástroj udržitelné výstavby v ČR) představuje jediný národní certifikační nástroj v České republice vyjadřující úroveň kvality budov posuzující vlastnosti budovy a okolí ve vazbě na udržitelný rozvoj výstavby. Národní metodika SBToolCZ je součástí mateřského systému metodik SBTool, který vyvíjí mezinárodní nezisková organizace International Initiative for Sustainable Built Environment (iiSBE), jejíž zástupcem v ČR je Česká společnost pro udržitelnou výstavbu. Další národní úrovně SBTool se používají ve Španělsku (SBTool Verde), v Itálii (Protocollo SBC) a v Portugalsku (SBToolIPT). Pilotní verze české metodiky certifikace byla vytvořena v roce 2007, v červnu 2010 pak byla certifikace spuštěna. Celkový proces certifikace probíhá v českém jazyce. [2] [w26] [w28]

Metodika SBToolCZ je založena na multikriteriálním pojetí a respektuje místní klimatické podmínky, geomorfologii, dostupné místní zdroje, kulturní hlediska a v neposlední řadě stavební a legislativní poměry. Certifikace SBToolCZ je navázána na národní a evropské technické a právní předpisy, mezinárodní dokumenty a další (např. Sustainable Building alliance atd.). V porovnání

s certifikačními systémy BREEAM a LEED je SBToolCZ výrazně levnější. Hodnocené kategorie a jejich kritéria se liší dle typu budovy (bytová, rodinná či administrativní budova) a dle fáze životního cyklu (návrh, výstavba, uvedení do provozu, provoz budovy). [w25] [w26] [w27] [w31]

Certifikační nástroj umožňuje posouzení budovy již v konceptu návrhu a v případě hodnocení budovy získání certifikace návrhu budovy. Po dokončení realizační fáze stavby je možné absolvování procesu certifikace skutečného provedení stavby. Obecně však platí, že v případě využití certifikace v rané fázi projektu a následném zapracování požadovaných změn je možné získání nejvyššího certifikačního hodnocení. Certifikační orgány oprávněné k vydávání a kontrole výstupů v rámci hodnocení SBToolCZ jsou Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p. (TZÚS Praha, s.p.) a Výzkumný ústav pozemních staveb – Certifikační společnost, s.r.o. (VÚPS). [w29]

Odbornou poradenskou činnost a podporu projektovým týmům v průběhu certifikačního procesu je oprávněna vykonávat pouze akreditovaná osoba – Poradce SBToolCZ. Akreditovaná osoba na vyšší úrovni, tzv. Auditor SBToolCZ, může samostatně vyhodnocovat podklady a udílet certifikace. Její přítomnost v certifikačním procesu je povinná. V současnosti lze využít několik typů metodik pro certifikaci – pro administrativní budovy 2011, pro bytové domy 2013, pro rodinné domy 2013 a pro školské budovy 2013. [2] [w30]

Dle typu hodnocené budovy jsou přesně určena jednotlivá kritéria rozdělena do 4 kategorií viz tab. č. 6, která u dané budovy musí být hodnocena. Např. pro bytové domy ve fázi návrhu je 33 kritérií, pro administrativní budovy pak 39 kritérií. [1] [w30]

Hodnocené kategorie	Příklady implementace dané kategorie	Hodnocení [%]
Environmentální kritéria	Ochrana ŽP, energie, emise, materiály, voda, půda	50
Sociálně-kulturní kritéria	Pohoda v interiéru, vnitřní klima, uživatelský komfort, zdravotní nezávadnost	35

Kritéria v oblasti ekonomika a management	Redukce nákladů ŽC, facility management, odpadové hospodářství	15
Kritéria v oblasti lokalita	Kvalita lokality, dostupnost služeb, doprava	0
CELKEM		100 %

Tab. 6 – Hodnocené kategorie certifikace SBToolCZ

Zdroj: vlastní zpracování

Každé hodnocené kritérium je dle předepsaného postupu vyhodnoceno a pomocí kritériálních mezí (tzv. benchmarků) normalizováno na jednotnou bodovou stupnici. Bodové hranice systému jsou od 0 do 10 bodů, přičemž 0 až 4 odpovídá stavu obvyklému v regionu splňující legislativní a normativní požadavky (standard), 4 až 6 nadstandardní (dobré) kvalitě budov, 6 až 8 vysoké kvalitě, 8 až 10 nejvyšší (nejlepší) kvalitě a 10 nejlepším dostupným technologiím. [w26] [w31]

Dosažitelné úrovně certifikace SBToolCZ				
České označení	Certifikát	Bronzový certifikát	Stříbrný certifikát	Zlatý certifikát
Kvalita budovy	Standardní	Dobrá	Vysoká	Velmi vysoká
Bodová hranice	0,0 – 3,9	4,0 – 5,9	6,0 – 7,9	8,0 +
Grafické označení				

Tab. 7 – Dosažitelné úrovně certifikace SBToolCZ

Zdroj: vlastní zpracování

Metodiku SBToolCZ není nutné používat jen pro získání certifikátu, je možné i její využití jako průvodce pro navrhování udržitelných budov. Zde jsou ukázány možnosti, jak danou budovu zlepšit ve sledovaných parametrech v oblasti udržitelné výstavby. Již v roce 2010 se předpokládalo, že certifikace SBToolCZ by se mohla stát povinou pro budovy veřejných institucí či pro budovy financované z daní. Do dnešního dne se tyto snahy ovšem nepodařilo realizovat. [w26] [w27]

6. Hodnocené parametry stavebních materiálů

Stavební materiály je možné hodnotit dle jejich základních fyzikálních, chemických a biologických vlastností. Mezi základní fyzikální vlastnosti materiálů se řadí měrná a objemová hmotnost, pórovitost, mezerovitost, vlhkost, nasákavost, zrnitost a další vlastnosti – mechanické a tepelné (viz kap. 6.1.). Pomocí chemických a biologických vlastností stavebních materiálů je možné provést hodnocení i environmentálních parametrů mající vliv na životní prostředí (environmentální parametry materiálů viz kap. 6.2.).

6.1. Tepelně-technické parametry

Tepelné parametry materiálů jsou vlastnosti materiálů ovlivňující proces šíření tepla a popisující chování při změnách teploty.

6.1.1. Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]

Součinitel tepelné vodivosti λ udává schopnost materiálu vést teplo. Čím má materiál vyšší hodnotu λ , tím lépe vede teplo. Hodnota λ není konstantní, závisí na okolní vlhkosti a teplotě – s klesající teplotou hodnota λ roste. U některých materiálů, např. u dřeva, se hodnoty λ mohou v různých směrech lišit.

Součinitel tepelné vodivosti je určován výrobcem nejčastěji laboratorně a je uveden v technickém listu materiálu či výrobku. Jednotkou součinitele tepelné vodivosti je W/mK.

6.1.2. Součinitel prostupu tepla U [W/m²K]

Součinitel prostupu tepla udává *celkovou výměnu tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu R* . [w32] Součinitel prostupu tepla tedy vyjadřuje množství tepla unikající konstrukcí o ploše 1 m² při rozdílu teplot jejích povrchů 1 stupeň. Čím vyšší je hodnota součinitele, tím více tepla konstrukcí uniká. Součinitel

prostupu tepla se stanoví při zimních návrhových okrajových podmínkách při ustáleném stavu šíření tepla. [w32] [w33]

Základní vztah pro výpočet součinitele prostupu tepla U:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$$

R_T ... odpor konstrukce při prostupu tepla $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$

R_{si} ... odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$

R ... odpor konstrukce $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$

R_{se} ... odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov je implementována do zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů. Zde je definována budova s téměř nulovou spotřebou energie (NZEB) jako *budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů*. [Z3] Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov ve znění pozdějších předpisů stanovuje nutnost prokázání splnění požadavku na velmi nízkou energetickou náročnost budovy pomocí průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy. Při prokazování je vypočten požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy ($U_{em,E}$) snížený o redukční součinitel. $U_{em,E}$ je následně porovnán s vypočteným průměrným součinitelem prostupu tepla obálky budovy ($U_{em,NZEB}$). [w32] [w33] [w34]

Porovnání požadovaného součinitele prostupu tepla obálky budovy a vypočteným součinitelem prostupu tepla:

$$U_{em,E} = U_{em,N,20,R} = f_R * \left[\frac{\sum A_j * U_{N,20,j} * b_j}{\sum A_j} \right] + \Delta U_{em,R}$$

- f_R ... redukční součinitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla
- pro budovy s plochou menší než 350 m² do 31. 12. 2019:
 $f_R=0,8$
- pro všechny nové budovy od 1. 1. 2020:
 $f_R=0,7$
- A_j ... plocha j-té teplosměnné konstrukce, stanovená z vnějších rozměrů, v m²
- $U_{N,20,j}$... normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce pro převažující návrhovou vnitřní teplotu 20 °C, ve W/(m²·K), podle ČSN 730540-2:2011 (viz obr. č. 16)
- b_j ... teplotní redukční činitel odpovídající j-té konstrukci dle ČSN 73 0540-2:2011
- $\Delta U_{em,R}$... přírážka na vliv tepelných vazeb, ve W/(m²·K)

$$\Delta U_{em,R} = 0,02 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

$$U_{em,NZEB} = \left[\frac{\sum A_j * U_j * b_j}{\sum A_j} \right]$$

Porovnání: $U_{em,NZEB} < U_{em,E}$

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy
	$U_{N,20}$	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,20	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,70	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50 ²⁾	1,20	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,40 ⁷⁾	1,10	0,90
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,70	1,20	0,90
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,50	2,30	1,70
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,50	2,30	1,70
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,60	1,70	1,40
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m ² /m ² , kde	$f_w \leq 0,50$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	0,2 + f_w 0,15 + 0,85 · f_w
A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m ² ;			
A_w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m ²	$f_w > 0,50$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$	
Kovový rám výplně otvoru	-	1,80	1,00
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾	-	1,30	0,90 - 0,70
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,80	1,20

Obr. 15 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převážující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně

Zdroj: [N11]

6.2. Environmentální parametry

Environmentální aspekty patří mezi tři pilíře udržitelnosti výstavby. Environmentální parametry je obecně možné dělit podle několika různých kritérií, například dle toho, do které složky prostředí je emise vypouštěna (atmosféra, hydrosféra a pedosféra) nebo dle jejich geografického rozsahu (globální, regionální a lokální). V následujících kapitolách jsou uvedeny parametry surovinové a intervenční. Surovinové parametry představují úbytek dostupnosti potřebných surovin (PEI). Intervenční parametry představují emise konkrétní látky nebo jejího ekvivalentu do životního prostředí s pozorovaným následným nepříznivým účinkem (GWP, AP, EP, POCP, ODP). Níže uvedené environmentální parametry (tab. č. 8) jsou pro konkrétní stavební výrobek vyčísleny v environmentálním značení typu III – environmentálním prohlášení o produktu (EPD). [2]

Parametr	Anglický název	Zkratka	Jednotka
Spotřeba primární energie	Primary Energy Input	PEI	MJ
Potenciál globálního oteplování	Global Warming Potential	GWP	kg CO _{2,ekv}
Potenciál acidifikace prostředí	Acidification Potential	AP	kg SO _{2,ekv}
Potenciál eutrofizace prostředí	Eutrophication Potential	EP	kg PO _{4,ekv}
Potenciál tvorby přízemního ozonu	Photochemical Ozone Creation Potential	POCP	kg C ₂ H _{4,ekv}
Potenciál úbytku ozonové vrstvy	Ozone Depletion Potential	ODP	kg CFC _{ekv}

Tab. 8 – Hodnocené environmentální parametry

Zdroj: vlastní zpracování

6.2.1. Spotřeba primární energie – PEI

Spotřeba primární energie je přeložena z anglického označení Primary Energy Input (zkráceně PEI) a v českém jazyce bývá označována také jako „svázaná energie“. Měrnou jednotkou spotřeby primární energie je megajoule [MJ]. [1]

Primární energie je energie, která neprošla žádným procesem přeměny a lze ji chápat jako energii ve formě, v jaké se vyskytuje v přírodě [w35]. Celková spotřeba primární energie představuje součet spotřeby obnovitelných a neobnovitelných přírodních zdrojů energie během celého životního cyklu posuzovaného výrobku [1]. Obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie se liší vlivem na životní prostředí a možností jejich vyčerpatelností. Obnovitelné zdroje energie, též nazývané alternativní, umožňují své opakované využívání, jejich vyčerpání teoreticky není možné z důvodu jejich přirozené obnovy a jejich spotřeba nezatěžuje životní prostředí škodlivinami. Mezi hlavní obnovitelné zdroje energie se řadí sluneční energie, energie vody, větru a biomasy a také geotermální energie. Naproti tomu zásoba neobnovitelných zdrojů energie je omezená a v případě jejich vyčerpání již nebude možné tyto zdroje znovu získat. Mezi zástupce neobnovitelných zdrojů energie se řadí především uhlí, ropa, zemní plyn a jaderná energie. Spalováním neobnovitelných zdrojů energie (kromě jaderné energie) vznikají oxid siřičitý (SO₂) a oxid uhelnatý (CO₂), kteří významně přispívají ke změnám klimatu. [1] [w35] [w36]

V dnešní době začíná být kladen velký důraz na snižování závislosti na neobnovitelné primární energii. Nejen ve velkých budovách a komplexech, ale i v rodinných domech se stále častěji uplatňují obnovitelné zdroje energie a je patrná snaha o minimalizaci spotřeby neobnovitelné primární energie. *Energeticky nulové budovy jsou budovy, které mají nulovou bilanci právě neobnovitelné primární energie. [w35] Do potřeby neobnovitelné primární energie se započítává nejen energetický obsah vytěžené suroviny, ale také neobnovitelná energie potřebná na vlastní těžbu, zpracování, dopravu a uskladnění paliv, případně přeměnu na energii konkrétního energonositele (zemního plynu, elektrické energie, dálkového tepla atd.) a jeho dopravu (rozvod, distribuci) až na hranici budovy [w35]. [1] [w35]*

6.2.2. Potenciál globálního oteplování – GWP

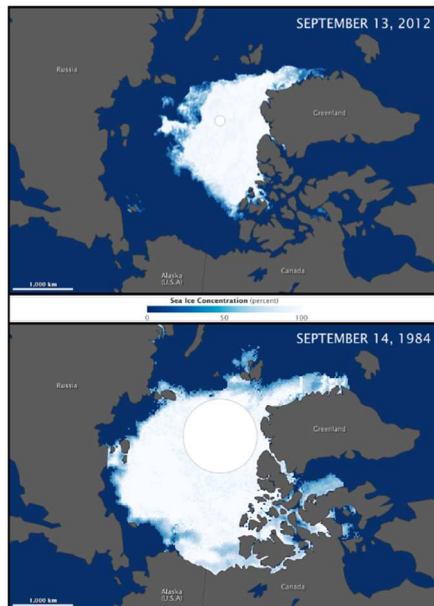
Název potenciálu globálního oteplování pochází z anglického výrazu Global Warming Potential (zkratka GWP) a je označován také jako svázané emise oxidu uhličitého (CO_2). *GWP udává souhrn emisí (tzv. ekvivalentní emise), vyprodukovaných během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části, které mají vliv na skleníkový efekt.* [1] Emise dalších skleníkových plynů jsou přepočítávány na úroveň efektu CO_2 , proto označení ekvivalentní, a následné celkové GWP výrobku je součtem všech těchto plynů. Tomuto odpovídá i měrná jednotka – kilogram ekvivalentního oxidu uhličitého [$\text{kg CO}_{2,\text{ekv}}$]. [1]

Globální oteplování je jev, při kterém stoupá průměrná roční teplota atmosféry Země. Skleníkový jev je přirozený jev atmosféry, při kterém je energie zadržována skleníkovými plyny přítomnými v atmosféře a není jí umožněno uniknout zpět od vesmíru. Skleníkové plyny se běžně vyskytují v přírodě i v atmosféře, ovšem v daleko menších koncentracích, než jakých dosahují dnes. Skleníkové plyny absorbují teplenou energii ze slunečního záření, odraženého od zemské povrchu, a tím ohřívají atmosféru. V případě, že by skleníkový jev vůbec neexistoval, byl by zemský povrch asi o 33 °C studenější, než je s jeho pomocí. *Mezi hlavní skleníkové plyny patří oxid uhličitý (CO_2), metan (CH_4), oxid dusný (N_2O), hexafluorid sírový (SF_6) a halogenové uhlovodíky, jako jsou freony a halony.* [2] Například oxid uhličitý, nejběžnější skleníkový plyn v atmosféře, je odpovědný za 63% globálního oteplování, které způsobuje lidská činnost. Jeho dnešní koncentrace v atmosféře je o více než 60% vyšší než na počátku industrializace v 19. století. Po dobu 800 tisíc let se částice CO_2 pohybovaly na úrovni 200 až 250 PPM (parts per milion = počet částic z milionu). Při těchto hodnotách byla planeta Země v rovnováze, tzn. že to, co vyprodukovala, byla také schopna absorbovat zpět. Při dnešních běžných hodnotách 400 PPM již Země není schopna toto navýšení absorbovat zpět. [2] [w50] [w52]

Příčinami nárůstu emisí je především spalování čím dál většího množství černého uhlí, ropy a zemního plynu, při kterém vzniká oxid uhličitý a oxid

dusný. Dále pak z důvodu intenzivního odlesňování nedochází k dostatečnému přirozenému pohlcování oxidu uhličitého z atmosféry. Díky intenzivnějšímu chovu hospodářských zvířat, především krav a ovcí, se zvýšila produkce metanu, který je produkován při jejich trávení. Oxid dusný je nejvíce uvolňovaný do atmosféry z důvodu používání hnojiv s obsahem dusíku. [w52]

Změny klimatu mají, a hlavně budou mít na lidskou společnost dalekosáhlé, především negativní důsledky. Klimatické změny jsou pozorovatelné na globální, regionální či lokální úrovni. Na lokální úrovni však změny klimatu nejsou tak patrné, silněji se na nich podílí lidská činnost související s hospodařením s vodou v krajině, s vegetací, s terénními úpravami či se zemědělskou činností. Mezi globální dopady globálního oteplování patří zvyšování hladiny moří o 3 mm za rok z důvodu tání v polárních oblastech, zvýšená intenzita přírodních katastrof, především pak intenzivní a silné srážky, hurikány a záplavy, posun vegetačních pásem a dopady na lidské zdraví. Označení globálního oteplování ovšem není zcela přesné. Nejedná se pouze o zvyšování průměrné globální teploty, ale také o jevy projevující se vlnami extrémně horkých či chlad-



ných období, která se budou nadále prodlužovat. Přesnější termín by tedy byl klimatické změny. Na obrázku č. 16 je zobrazen rozdíl mezi ledovou plochou v oblasti severního pólu v roce 2012 a v roce 1984. [2] [w50] [w51]

Obr. 16 – Změna rozlohy ledové plochy v oblasti Severního pólu

Zdroj: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b1/Arctic_Sea_Ice_Minimum_Comparison.png

Proti dalšímu rozšíření globálního oteplování přispívá především ekolo-
gičtější chování každého jedince. Podniky jsou vládami jednotlivých států mo-
tivovány ke snižování emisí a ke hledání řešení eliminace negativních dopadů
lidské aktivity na planetu Zemi. V České republice je pro občany připraveno
několik projektů jako např. Kotlíková dotace či Zelená úsporám, které mají za
cíl zvýšení podílu využití obnovitelných zdrojů energie a tím související snižo-
vání emisí skleníkových plynů. K ochraně životního prostředí také přispívá in-
stalace ekologických zařízení, jako například kotlů na biomasu, plynových
kotlů, solárních kolektorů, fotovoltaických panelů či tepelných čerpadel. U
těchto zařízení je však stejně důležitá jako instalace také pravidelná údržba
zajišťující bezchybný provoz zaručující účinné využití energie a nízkou pro-
dukci emisí. [w50]

6.2.3. Potenciál acidifikace prostředí – AP

Potenciál acidifikace prostředí je označován jako svázané emise SO_2
(oxidu siřičitého) se zkratkou AP (z anglického Acidification Potential). Udává
součet ekvivalentních emisí vyprodukovaných v průběhu celého životního
cyklu daného výrobku nebo jeho části. Měrnou jednotkou je kilogram ekviva-
lentního oxidu siřičitého [$\text{kg SO}_{2\text{ekv}}$]. [1]

Acidifikace prostředí je degradační přírodní proces okyselování půd-
ního a vodního prostředí způsobený vypouštěním kyselinotvorných látek do
atmosféry, vody a půdy. Nejčastějšími plyny způsobujícími acidifikaci jsou oxid
siřičitý (SO_2), oxidy dusíku (NO_x) a čpavek. Oxid siřičitý vzniká především spa-
lováním fosilních surovin, zejména hnědého uhlí a ropy. V ovzduší se může
držet až několik dní, a tudíž může ohrozit i velmi vzdálená území. Při spalování
pohonných hmot se do ovzduší dostávají oxidy dusíku, které jsou také
schopny transportu na velké vzdálenost. Čpavek se do ovzduší dostává pře-
vážně z důvodu hnojení zemědělských půd. Působením acidifikace trpí biolo-
gické tkáně rostlin, živočichů i bakterií. Dopady lze pozorovat na kvalitě půd,
podzemní i povrchové vodě. Aby nedocházelo k další acidifikaci, je nutné při-
jmout opatření k odstranění, nebo minimálně k omezení jejích příčin. Před-

vším se jedná o omezení kyselých vstupů (průmyslových a organických hnojiv), dále pak pravidelné střídání zemědělských plodin a omezení monokultur. Důležitým preventivním opatřením je také pravidelné vápnění půd udržovacími dávkami vápenných hnojiv, zejména mletého vápence. Celková rozloha České republiky čítá celkem 7 886 702 hektaru (78 867 km²), z toho 53% je využíváno k zemědělské činnosti. Tato plocha čítající 4 159 262 ha je potenciálně ohrožena acidifikací viz následující tabulka č 9. [1] [2] [w37] [w38] [w39] [w48]

Potenciální zranitelnost půd acidifikací	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
zanedbatelná	5,09	211 557,15
nízká	13,02	541 692,43
nižší střední	9,78	406 651,27
vyšší střední	24,27	1 009 462,09
vysoká	46,36	1 928 142,35
nehodnoceno (nedostatek dat)	1,48	61 756,73
celkem	100	4 159 262,02

Tab. 9 – Potenciální zranitelnost zemědělské půdy v ČR acidifikací

Zdroj dat: <https://statistiky.vumop.cz/?core=stat&kind=ac&year=2018>

6.2.4. Potenciál eutrofizace prostředí – EP

Potenciál eutrofizace prostředí *udává množství ekvivalentních emisí aniontu fosforečnanového (PO₄) z odpadních vod vyprodukovaných během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části.* [1] Vychází z anglického označení Eutrophication Potential se zkratkou EP. Měrnou jednotkou je nebo kilogram aniontu fosforečnanového [kg PO₄]. [1]

Eutrofizace je vyvolána přebytkem živin v prostředí, především dusíkem a fosforem, jejímž důsledkem je narušení ekologických procesů, např. negativní ovlivnění kvality, biodiverzity a udržitelného využívání vody. Eutrofizace je zapříčiněna přirozenými a umělými procesy. Mezi přirozené příčiny se řadí spad vulkanického popela, lesní požáry především v povodí jezer a rozklad odumřelých vodních organismů. Naproti tomu umělé příčiny vznikají v přímém důsledku lidské činnosti a dosáhly již neúnosných mezí. Řadí se mezi ně

odlesňování, eroze a vyluhování živin z hnojených zemědělských pozemků, přísun nitrátů, fosfátů a amoniaku z odpadů živočišné produkce, splachy v důsledku intenzivní zemědělské výroby a těžba. K rozvoji eutrofizace dochází při naplnění několika podmínek, mezi které se řadí dostatečná doba zdržení vody, teplota a světlo. Projevy eutrofizace mají výrazný sezónní charakter, nastávají obvykle v letních měsících, a projevují se řadou symptomatických změn vodního ekosystému jako například snížená průhlednost vody a snížení estetické hodnoty vodní plochy, problémy s chutí, zápachem a samočištěním vody, vyčerpání rozpuštěného kyslíku ve vodě a s tím spojený zvýšený výskyt náhlého úhynu ryb, vymizení rybích druhů a snížení množství konzumních ryb. Poměr dusíku a fosforu v povrchových vodách je zcela klíčovým pro rozvoj sinic a řas. Čím více fosforu se nachází v povrchových vodách, tím více dochází k produkci sinic a řas. Odstraňování fosforu a jeho sloučenin z odpadních vod je nutné, ale proveditelné pouze ve velkých čistírnách odpadních vod. Běžné ČOV nejsou vybaveny speciálními technologiemi pro tzv. dočišťování vody. [1] [2] [w40] [w41] [w42]



Obr. 17 – Projev eutrofizace na vodní ploše

Zdroj: http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Toky/Predmety/VTO/ke_stazeni/prednasky/eutrofizace.pdf

6.2.5. Potenciál tvorby přízemního ozónu – POCP

Potenciál tvorby přízemního ozónu se zkratkou POCP pochází z anglického Photochemical Ozone Creation Potential. *Jedná se o ekvivalentní emise ethenu (C_2H_4), vyprodukované během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části, způsobující tvorbu přízemního ozónu.* [1] Měrnou jednotkou je ekvivalentní kilogram ethenu [$kg\ C_2H_{4,ekv}$]. [1]

Tříatomová molekula kyslíku – ozón (O_3) je dle oblasti výskytu v atmosféře dělen na dva typy – stratosférický a troposférický. Ozón vyskytující se ve stratosféře (*vrstva atmosféry nacházející se ve výškách 11 až 50 km nad hladinou moře* [w49]) chrání Zemi před účinky nebezpečného ultrafialového záření, a tudíž je pokládán za prospěšný. Stratosférický ozón nacházející se v oblasti mezi 15 a 40 kilometrem výšky zaujímá cca 90 % objemu celkového atmosférického ozónu. Naproti tomu ozón v troposféře (vrstva atmosféry mezi zemským povrchem a tropopauzou, která je dána změnou teplotního gradientu; troposféra dosahuje 18 km na rovníku až 9 km u pólů) má negativní toxické účinky na lidské zdraví, ekosystémy i životní prostředí. Přízemní ozón nemá v atmosféře vlastní významný zdroj – není přímo produkován a vypouštěn člověkem a je přirozenou součástí zemské atmosféry. Jedná se o tzv. sekundární látku vznikající pomocí fotochemických reakcí z prekurzorů. Pro ozón jsou prekurzory oxid dusičitý (NO_2), vznikající při jakémkoliv procesu hoření, těkavé organické látky (např. rozpouštědla nebo i plno látek produkovaných rostlinami), oxid uhelnatý a metan. Důležitá je zde přítomnost slunečního záření. Reakce a spotřeba ozónu je následně spojena s oxidem dusnatým (NO), který je v letních měsících produkován primárně dopravou. Poměr mezi oběma oxidy dusíku NO / NO_2 vyjadřuje koncentraci přízemního ozónu – čím je poměr vyšší, tím jsou koncentrace přízemního ozónu nižší. Důležité tedy je, aby v ovzduší bylo přítomno dostatečné množství látek, se kterými ozón může reagovat. Zde nastává paradox – čím je lokalita čistější z pohledu jiných látek, tím vyšší jsou zde koncentrace ozónu. Koncentrace přízemního ozónu vykazují významnou časovou a prostorovou variabilitu. Spouštěcími mechanismy pro jeho tvorbu jsou globální radiace (množství sluneční energie dopadající na zem), teplota, délka slunečního svitu, nadmořská výška a stav celkového ozónu. Ke zvýšené tvorbě přízemního ozónu přispívají horké, slunečné, letní dny, ve kterých průměrná teplota přesáhne $30\text{ }^\circ\text{C}$, dále pak rostoucí nadmořská výška, nízká rychlost větru, nízká relativní vlhkost a absence stratosférických srážek. [1] [2] [w43] [w44] [w45] [w46] [w47] [w50]

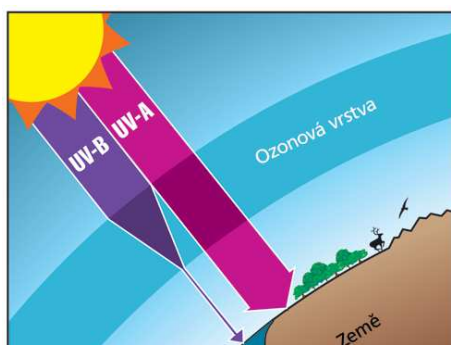
Zvýšené koncentrace ozónu mají dopad nejen na lidské zdraví, ale i na vegetaci a ekosystémy. U lidí je možné pozorovat časté bolesti hlavy, pálení

očí a nemoci spojené s dýchacím ústrojím člověka – plicní edémy, astma a zá-
něty průdušek. Na vegetaci se degenerativní změny a fytotoxicita projevují žlu-
tavým chlorotickým tečkováním a skvrnami, popřípadě načervenalým povr-
chem. Z tohoto důvodu není fotosyntéza rostlin dostatečná, ty pak dorůstají
menší velikosti či mají zpomalený růst listů. U materiálů jako jsou gumy, tka-
niny či polymery dochází v důsledku oxidačních reakcí k jejich narušování. [1]
[2] [w46] [w47]

6.2.6. Potenciál úbytku ozónové vrstvy – ODP

Zkratka ODP potenciálu úbytku ozónové vrstvy vychází z anglického
názvu Ozon Depletion Potential. *Jedná se o ekvivalentní emise chlorfluoro-
carbonu (chlor-fluorované uhlovodíky, CFC) vyprodukované během celého ži-
votního cyklu daného výrobku nebo jeho části, způsobující ničení stratosfé-
rické ozónové vrstvy.* [1] Při výpočtech parametru ODP je nejčastěji používaný
indikátor rozkladu molekul ozónu. Měrnou jednotkou potenciálu úbytku ozo-
nové vrstvy je ekvivalentní kilogram chlor-fluorovaného uhlovodíku [kg CFC_{ekv}]
[1] [2]

Jako ozónová vrstva je označována vrstva ozónu zabraňující pronikání
ultrafialového záření (UV) ze Slunce k povrchu Země. Nachází se ve výšce 20
až 40 kilometrů nad zemským povrchem, kde je koncentrace ozónu mnoho-
násobně vyšší než kdekoliv jinde v atmosféře. V ozónové vrstvě je zachyco-
vána většina energie ultrafialového záření, které nepříznivě ovlivňuje zdraví
lidí, kvalitu přírodního prostředí, přírodních zdrojů i materiálů (UV-B). Ultrafia-
lové záření potřebné a prospěšné je propuštěno dále k povrchu Země (UV-A).
[2] [w54] [w55] [w57]



Obr. 18 – Ochrana před UV zářením ozónovou vrstvou

Zdroj: <http://www.geology.cz/portal/pls/portal/docs/1/6034238.PNG>

Chlor-fluorované uhlovodíky jsou organické sloučeniny obsahující chlór, fluór a uhlík. Častěji se pro ně využívá komerční označení freony. *Za normálních podmínek se jedná o plynné nebo nízkovroucí kapalné inertní látky bez barvy a buď bez zápachu, nebo jen s mírným etherickým zápachem.* [w55]. Freony se v přírodě přirozeně nevyskytují, poprvé byly vyrobeny v roce 1892 v Belgii. V první polovině 20. století se freony začaly hojně využívat pro svou stálost, nereaktivnost a těkavost a staly se tak běžnou součástí přírody i atmosféry. Freony se používaly jako chladicí média (především v chladničkách jako náhrada za dříve používaná chladicí média – amoniak a oxid siřičitý), dále pak v klimatizacích a tepelných čerpadlech, jako hnací plyny v aerosolových sprejích, čistící prostředky a rozpouštědla. Freony se také využívaly jako nadouvadla při výrobě polystyrenu a polyuretanu. Emise freonů mají stejně škodlivé účinky nezávisle na místě jejich produkce. Životnost freonů v atmosféře je udávána v rozmezí desítek až stovek let. [w54] [w55] [w56]

Pro zdraví lidí, zvířat či rostlin nepředstavují samotné freony přímé riziko. Jejich rizikovost tkví v narušování ozónové vrstvy Země. Ve stratosféře je z freonů působením ultrafialového slunečního záření odštěpován chlór, který pak katalyticky rozkládá ozón. Jeden atom chlóru takto může rozložit, potažmo „zničit“, až několik set tisíc molekul ozónu. V případě poklesu množství ozónu ve stratosféře dochází následně k nárůstu intenzity zejména UV-B záření. Zvýšená intenzita UV-B záření má v lidském organismu za následek nárůst výskytu rakoviny kůže (melanom), problémů se zrakem (převážně s oční rohovkou) a oslabení imunitního systému. Rostliny dosahují nižšího vzrůstu, mají drobnější listy a dochází k nižšímu opylování. U vodních organismů dochází k negativnímu ovlivnění účinnosti fotosyntézy. Z důvodu možnosti pronikání UV-B záření do hloubky několika metrů představuje rizikový faktor i pro mořský život. U materiálů, především u plastů, nátěrů a dřeva, urychluje UV-B záření jejich degradaci při použití ve venkovním prostoru. [w53] [w55] [w56]

V případě, že se ozónová vrstva zeslabí natolik, že dojde až k jejímu vymizení, hovoří se o ozónové díře. Nad oblastí jižního pólu, nad Antarktidou, byla poprvé v 80. letech 20. století pozorována ozónová díra. K největším úbytkům ozónové vrstvy dochází zejména v průběhu antarktického jara (říjen).

Při měření v roce 1995 dosahovala ozónová díra nad Antarktidou plochy 22 miliónu km², což odpovídá cca dvojnásobku rozlohy Evropy. [w55] [w56]

V reakci na zvyšující se úbytek ozónu a vytvoření ozónové díry došlo v září 1987 k podpisu Montrealského protokolu. Smlouva a její další dodatky (Londýnský – 1990, Kodaňský – 1992, Pekingský – 1999) zavazují signatáře k postupnému omezování až zrušení výroby a používání látek ničících ozón, především freonů. Tyto látky by měly být nahrazeny látkami bez negativních účinků na atmosférický ozón. Díky všem přijatým opatřením dochází k postupné regeneraci ozónové vrstvy. Kolem poloviny 21. století by se měla ozónová vrstva dostat do svého přirozeného stavu. V případě, že i po dosažení přirozeného stavu ozónové vrstvy se bude koncentrace ozónu ve stratosféře zvyšovat a teplota stratosféry vlivem globálního oteplování snižovat, nastane tzv. „superrecovery“ (= stav super zotavení). Stav „superrecovery“ by vedl ke snížení propustnosti ozónové vrstvy pro UV záření. Tento jev by ale rozhodně nebyl pozitivním. V případě nedostatečného UV-B záření dopadajícího na zemský povrch může docházet k nedostatku vitamínu D u živých organismů, především pak u lidí. Zdravotní důsledky jsou především v nedostatečné funkci imunitního systému a v problémech se stavbou kostí. [w53] [w54] [w55] [w57]

7. Návrh referenčního rodinného domu

Pro účely výpočtu environmentálních parametrů nosných konstrukcí rodinného domu byla navržena referenční novostavba nepodsklepeného jednopodlažního rodinného domu určená k trvalému bydlení s vnitřními rozměry 12,380 x 8,380 m, se světlou výškou místností 2,65m (resp. 2,78m u domu varianty E) a s obvodovou stěnou výšky 2,8m. Rodinný dům je lokalizován na území Hlavního města Prahy na rovinatém pozemku. Konkrétní kapacity stavby jsou uvedeny na výkresech půdorysů jednotlivých variant rodinných domů.

Byl navržen referenční rodinný dům ve čtyřech variantách nosných konstrukcí a s dvěma možnostmi založení:

- A. Nosná konstrukce z keramického zdiva + založení na železobetonové základové desce
- B. Nosná konstrukce z plynosilikátového zdiva + založení na železobetonové základové desce
- C. Nosná konstrukce ze železobetonu + založení na železobetonové základové desce
- D. Nosná konstrukce ze SIPs panelů + založení na železobetonové základové desce
- E. Nosná konstrukce ze SIPs panelů + založení na zemních vrutech

Všechny rodinné domy vč. jejich založení byly navrženy tak, aby splňovaly kritéria stanovené pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie (NZEB = Nearly Zero Energy Buildings). Technické parametry blíže specifikuje vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov ve svém aktuálním znění. Ta popisuje v §2 referenční budovu jako *výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova,*

avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy. [Z4] Do konce roku 2019 byl redukční součinitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s plochou menší než 350 m² stanoven na 0,8 násobek hodnoty pro referenční budovu. Od 1. 1. 2020 se redukční činitel snižuje pro všechny nové budovy na 0,7 násobek hodnoty pro referenční budovu, čímž se stanovují přísnější požadavky pro obálku budovy.

Hodnoty průměrných součinitelů prostupů tepla pro jednotlivé varianty rodinného domu jsou vypočten v Přílohách č.1 až 5.

7.1. Založení rodinného domu

Základové konstrukce mají za úkol přenos zatížení horní stavby do základové půdy v základové spáře. Založení referenčního rodinného domu je pro tradiční nosné konstrukce provedeno pomocí železobetonové základové desky. U dřevostavby provedené ze SIPs panelů je možné volit jak založení klasickým způsobem pomocí železobetonové základové desky, tak díky její nízké hmotnosti založení pomocí kónických ocelových zemních vrutů ošetřených žárovým zinkováním.

7.1.1. Železobetonová základová deska

Celková tloušťka železobetonové základové desky je 575 mm. Skladba je navržena tak, aby splnila požadavky NZEB platné od 1. 1. 2020. Součinitel prostupu tepla konstrukce je $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ a odpor při prostupu tepla konstrukce $R = 3,97 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Skladba konstrukce železobetonové základové desky je uvedena v tab. č. 10.

Materiál	Tloušťka	λ_u
	[m]	[W/mK]
Cementový potěr vyztužený vlákny	0,070	0,090

Separáční PE fólie	0,0002	-
Isover EPS 70Z	0,100	0,039
T�zk� asfaltov� p�s	0,004	0,210
�elezobetonov� z�kladov� deska	0,200	1,580
Podkladní beton	0,050	1,230
�terkov� podsyp	0,150	0,650

Tab. 10 – Zalo en  domu na  elezobetonov  z kladov  desce

Zdroj dat: vlastní zpracování, technické listy použitých materiálů

7.1.2. Zemní vruty

V p r pad  zalo en  stavby na zemních vrutech je pod podlahovou konstrukcí stavby prov tr van  mezera. Stavba je založena na zemních vrutech o obvykl  délce 2 100 mm. Mezi horní hranou nejnižšího zemního vrutu a rostl m terénem musí být mezera min. 100 mm. Na zemní vruty je n sledn  upevněn z kladov  BSH hranol z mod r nov ho d veva o rozměrech 160x200 mm.

Samotn  podlahov  konstrukce má celkovou tlouštku 290 mm. Skladba je navržena tak, aby splnila požadavky NZEB platn  od 1. 1. 2020. Sou initelel prostupu tepla konstrukce je $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ a odpor při prostupu tepla konstrukce $R = 6,65 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Skladba z kladov  konstrukce zalo en  na zemních vrutech je uvedena v tab.  . 11.

Materiál	Tlou�tka	λ_u
	[m]	[W/mK]
S�drovl�knit� deska fermacell	0,020	0,320
OSB deska	0,015	0,130
Isover EPS 70Z	0,240	0,039
OSB deska	0,015	0,130

Tab. 11 – Zalo en  domu na zemních vrutech

Zdroj dat: vlastní zpracování, technické listy použitých materiálů

7.2. Nosná konstrukce rodinného domu

Nosné konstrukce svislých stěn a stropu rodinného domu byly navrženy dle technických specifikací jednotlivých výrobců a tepelných požadavků pro novostavby.

7.2.1. Keramické zdivo (Porotherm)

Svislé nosné konstrukce z keramického zdiva byly navrženy z cihelných bloků Porotherm 44 T Profi – broušené cihelné bloky s minerální izolací s tloušťkou 440 mm. Cihelné bloky byly zvoleny z důvodu svých tepelně izolačních vlastností, u kterých již není nutné dodatečné zateplení. Celková tloušťka konstrukce vč. omítek je 485 mm.

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Odpor při prostupu tepla konstrukce $R = 6,55 \text{ m}^2\text{K/W}$

Skladba konstrukce obvodové stěny z keramického zdiva Porotherm je uvedena v tab. č. 12.

Materiál	Tloušťka	λ_u
	[m]	[W/mK]
Sádrová omítka hlazená Baumit Ratio Glatt L	0,010	0,400
POROTHERM 44 T Profi	0,440	0,069
Jádrová omítka Baumit Termo + přednáštřík	0,030	0,110
Paropropustná lepicí a sěrková hmota se síťovinou Baumit ProContact	0,003	0,800
Penetrační nátěr Baumit UniPrimer	-	-
Pastovitá fasádní omítka Baumit SilikonTop	0,002	0,700

Tab. 12 – Konstrukce obvodové stěny domu z keramického zdiva (POROTHERM)

Zdroj dat: vlastní zpracování, technické listy použitých materiálů

Stropní konstrukce byla navržena dle systémového řešení firmy Porotherm pomocí cihelných vložek MIAKO s keramobetonovými stropními trámy vyztuženými svařovanou prostorovou výztuží. Celý strop je následně zmonolitněn nadbetonávkou výšky 60 mm. Na stropní konstrukci Porotherm je z důvodu zlepšení tepelných vlastností umístěna tepelná izolace Isover EPS tloušťky 200 mm. Celková tloušťka stropní konstrukce vč. omítky je 420 mm.

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Odpor při prostupu tepla konstrukce $R = 6,83 \text{ m}^2\text{K/W}$

Skladba konstrukce stropu z keramického zdiva Porotherm je uvedena v tab. č. 13.

Materiál	Tloušťka	λ_u
	[m]	[W/mK]
Sádrová omítka hlazená Baumit Ratio Glatt L	0,010	0,400
POROTHERM stropní konstrukce MIAKO	0,210	0,830
Isover EPS 70Z	0,200	0,039

Tab. 13 – Konstrukce stropu domu z keramického zdiva (POROTHERM)

Zdroj dat: vlastní zpracování, technické listy použitých materiálů

7.2.2. Plynosilikátové zdivo (Ytong)

Svislé nosné konstrukce z plynosilikátového zdiva byly navrženy z tvárnice z autoklávovaného pórobetonu Ytong Lambda YQ – tepelně izolační tvárnice s tloušťkou 500 mm. Tvárnice byly zvoleny z důvodu svých tepelně izolačních vlastností, u kterých již není nutné dodatečné zateplení. Celková tloušťka konstrukce vč. omítek je 530 mm.

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Odpor při prostupu tepla konstrukce $R = 5,79 \text{ m}^2\text{K/W}$

Skladba konstrukce obvodové stěny z plynosilikátového zdiva Ytong je uvedena v tab. č. 14.

Materiál	Tloušťka	λ_u
	[m]	[W/mK]
Sádrová omítka hlazená Baumit Ratio Glatt L	0,010	0,400
YTONG Lambda+	0,500	0,083
Jádrová omítka Baumit Termo + přednáštrík	0,015	0,110
Paropropustná lepicí a stěrková hmota se síťovinou Baumit ProContact	0,003	0,800
Penetrační nátěr Baumit UniPrimer	-	-
Pastovitá fasádní omítka Baumit SilikonTop	0,002	0,700

Tab. 14 – Konstrukce obvodové stěny domu z plynosilikátového zdiva (YTONG)

Zdroj dat: vlastní zpracování, technické listy použitých materiálů

Stropní konstrukce byla navržena dle systémového řešení firmy Ytong pomocí stropní konstrukce Ytong Ekonom z pórobetonových vložek Ytong, ze železobetonových nosníků vyztuženými svařovanou prostorovou výztuží. Strop je následně zmonolitněn betonovou zálivkou bez nadbetonávky. Na stropní konstrukci je z důvodu zlepšení tepelných vlastností umístěna tepelná izolace Isover EPS tloušťky 200 mm. Celková tloušťka stropní konstrukce vč. omítky je 410 mm.

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Odpor při prostupu tepla konstrukce $R = 6,87 \text{ m}^2\text{K/W}$

Skladba konstrukce stropu z plynosilikátového zdiva Ytong je uvedena v tab. č. 15.

Materiál	Tloušťka	λ_u
	[m]	[W/mK]
Sádrová omítka hlazená Baumit Ratio Glatt L	0,010	0,400
YTONG stropní konstrukce EKONOM	0,200	0,307
Isover EPS 70Z	0,200	0,039

Tab. 15 – Konstrukce stropu domu z plynosilikátového zdiva (YTONG)

Zdroj dat: vlastní zpracování, technické listy použitých materiálů

7.2.3. Železobeton

Svislé nosné konstrukce ze železobetonu byly navrženy z betonu třídy C25/30, s betonářskou výztuží B500B (procentuální vyztužení konstrukce 1,7 %) s tloušťkou stěny 200 mm a s dodatečným zateplením Isover EPS tloušťky 240 mm. Celková tloušťka konstrukce vč. omítek je 455 mm.

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Odpor při prostupu tepla konstrukce $R = 6,45 \text{ m}^2\text{K/W}$

Skladba konstrukce obvodové stěny ze železobetonu je uvedena v tab. č. 16.

Materiál	Tloušťka	λ_u
	[m]	[W/mK]
Sádrová omítka hlazená Baumit Ratio Glatt L	0,010	0,400
Železobeton	0,200	1,740
Isover EPS 70F	0,240	0,039
Paropropustná lepicí a stěrková hmota se síťovinou Baumit ProContact	0,003	0,800
Penetrační nátěr Baumit UniPrimer	-	-
Pastovitá fasádní omítka Baumit SilikonTop	0,002	0,700

Tab. 16 – Konstrukce obvodové stěny domu ze železobetonu

Zdroj dat: vlastní zpracování, technické listy použitých materiálů

Stropní konstrukce byla navržena ze železobetonové monolitické stropní desky tloušťky 200 mm, z betonu třídy C25/30 a s betonářskou výztuží B500B (procentuální vyztužení konstrukce 1,7 %). Na stropní konstrukci je z důvodu zlepšení tepelných vlastností umístěna tepelná izolace Isover EPS tloušťky 200 mm. Celková tloušťka stropní konstrukce vč. omítky je 410 mm.

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Odpor při prostupu tepla konstrukce $R = 5,45 \text{ m}^2\text{K/W}$

Skladba konstrukce stropu ze železobetonu je uvedena v tab. č. 17.

Materiál	Tloušťka	λ_u
	[m]	[W/mK]
Sádrová omítka hlazená Baumit Ratio Glatt L	0,010	0,400
Železobetonová stropní deska	0,200	1,740
Isover EPS 70Z	0,200	0,039

Tab. 17 – Konstrukce stropu domu ze železobetonu

Zdroj dat: vlastní zpracování, technické listy použitých materiálů

7.2.4. SIPs panel (Europanel)

Svislé nosné konstrukce ze SIPs panelů byly navrženy ze systémových panelů Europanel tloušťky 170 mm (skladba: OSB deska 15 mm – Isover EPS 70Z 140 mm – OSB deska 15 mm). Panely byly dodatečně zatepleny tepelnou izolací Isover EPS 70Z tloušťky 100 mm. Celková tloušťka konstrukce vč. omítek je 285 mm.

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Odpor při prostupu tepla konstrukce $R = 6,55 \text{ m}^2\text{K/W}$

Skladba konstrukce obvodové stěny ze SIPs panelu Europanel je uvedena v tab. č. 18.

Materiál	Tloušťka	λ_u
	[m]	[W/mK]
Sádrová omítka hlazená Baumit Ratio Glatt L	0,010	0,400
OSB deska	0,015	0,130
Isover EPS 70Z	0,140	0,039
OSB deska	0,015	0,130
Isover EPS 70Z	0,100	0,039
Paropropustná lepicí a stěrková hmota se síťovinou Baumit ProContact	0,003	0,800
Penetrační nátěr Baumit UniPrimer	-	-
Pastovitá fasádní omítka Baumit SilikonTop	0,002	0,700

Tab. 18 – Konstrukce obvodové stěny domu ze SIPs panelů (EUROPANEL)

Zdroj dat: vlastní zpracování, technické listy použitých materiálů

Stropní konstrukce ze SIPs panelů byla navržena ze systémových panelů Europanel tloušťky 210 mm (skladba: OSB deska 15 mm – Isover EPS 70Z 180 mm – OSB deska 15 mm). Stropní konstrukci již není nutné dodatečně zateplovat. Celková tloušťka stropní konstrukce vč. omítky je 220 mm.

- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Odpor při prostupu tepla konstrukce $R = 5,05 \text{ m}^2\text{K/W}$

Skladba konstrukce stropu ze SIPs panelu Europanel je uvedena v tab. č. 19.

Materiál	Tloušťka	λ_u
	[m]	[W/mK]
Sádrová omítka hlazená Baunit Ratio Glatt L	0,010	0,400
OSB deska	0,015	0,130
Isover EPS 70Z	0,180	0,039
OSB deska	0,015	0,130

Tab. 19 – Konstrukce stropu domu ze SIPs panelů (EUROPANEL)

Zdroj dat: vlastní zpracování, technické listy použitých materiálů

8. Analýza vlivu referenčního rodinného domu na životní prostředí

Udržitelná výstavba zahrnuje velké množství parametrů z různých oblastí stavebnictví, a to jak technické, tak netechnické. Technická kritéria v analýze byla zastoupena jednak technickými specifikacemi a požadavky jednotlivých výrobců, tak pomocí tepelně-technických požadavků na obálku budovy. Netechnické parametry byly vypočteny v rámci analýzy vlivu na životní prostředí.

V rámci analýzy vlivu jednotlivých variant navrženého referenčního rodinného domu na životní prostředí byl aplikován model, který dle vypočtené skutečné spotřeby materiálu stanoví jednotlivé environmentální parametry. Hodnoty environmentálních parametrů pro každý jednotlivý materiál byly převzaty z Environmentálních prohlášení typu III – EPD.

Cílem analýzy bylo určení environmentálních vlivů jednotlivých variant nosné stavební konstrukce pro referenční rodinný dům.

8.1. Porovnání variant rodinných domů dle tepelně-technických parametrů

Všechny varianty referenčního rodinného domu byly navrženy tak, aby splňovaly kritéria pro požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy platná od 1.1.2020. Hodnoty vypočteného průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy se u jednotlivých variant pohybovaly mezi 0,18 a 0,20 W/m²K.

8.2. Porovnání variant rodinných domů dle environmentálních parametrů

Vlivy jednotlivých variant navrženého referenčního rodinného domu na životní prostředí jsou vypočteny v Přílohách č. 7 až č. 16. Konečné hodnoty environmentálních parametrů pro varianty rodinného domu jsou uvedeny v Příloze č. 6.

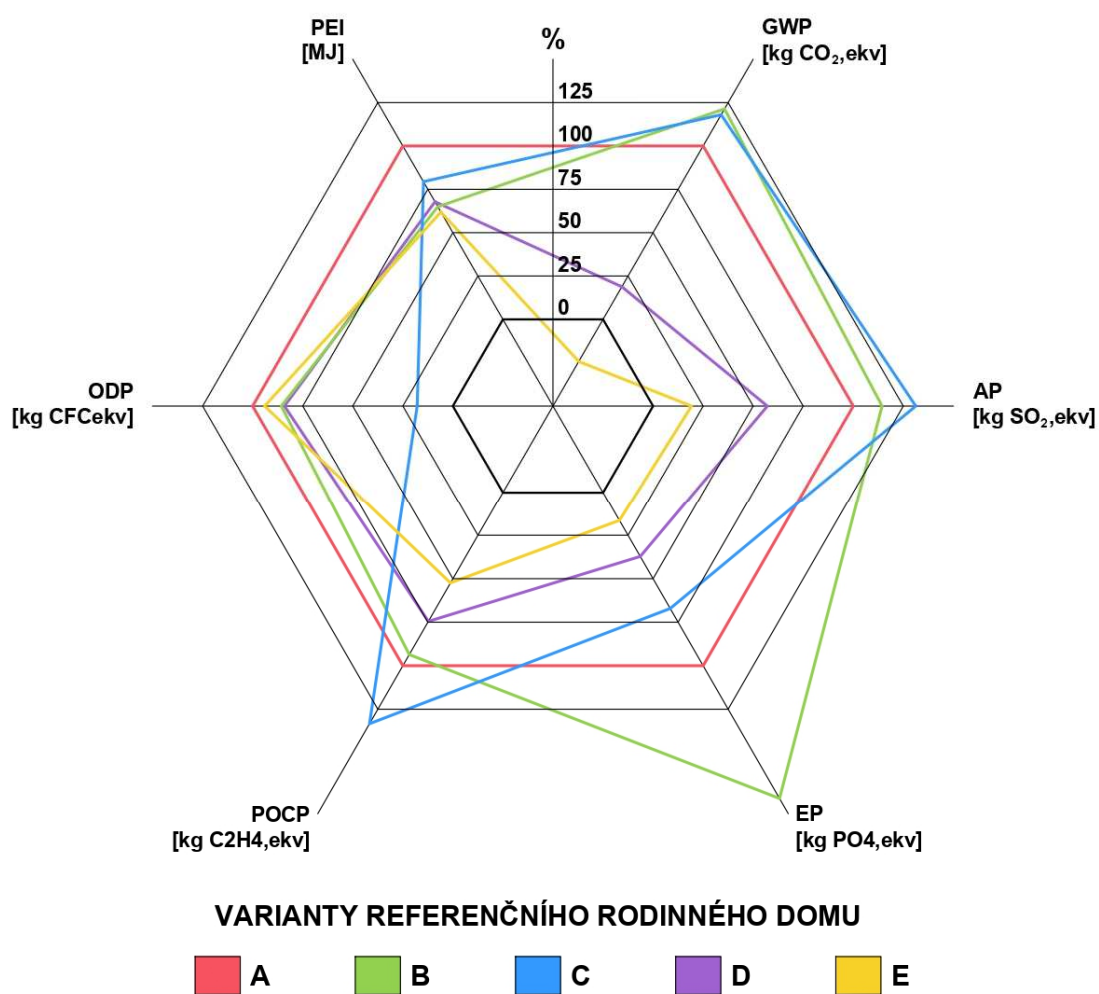
Je nutné zmínit, že se jedná o analýzu pouze environmentálních parametrů při výrobě stavebních materiálů. Při výpočtech nebyla zahrnuta doprava materiálů na místo staveniště, nebyla zohledněna nutnost použití mechanizace na staveništi, bednění u železobetonových konstrukcí a pomocných konstrukcí např. na podstojkování stropu před jeho zmonolitněním. Dále nebyla zahrnuta pracnost jednotlivých materiálů.

Jako srovnávací varianta pro výsledky analýzy byl vybrán rodinný dům s nosnou konstrukcí z cihelných bloků POROTHERM (varianta A = 100%). Dům z cihelných bloků se umístil na 4. místě z 5ti. Dům s nosnou konstrukcí z plynosilikátových tvárnic YTONG zatěžuje životní prostředí z hlediska environmentálních parametrů nejvíce ze všech posuzovaných variant, a to o 7,7% více než varianta A. Nosná konstrukce ze železobetonu se umístila na 3 místě a je o 8,9% méně náročná pro životní prostředí než varianta A. Na prvním a druhém místě se umístily konstrukce ze SIPs panelů EUROPANEL. Varianta domu se založením na železobetonové základové desce na 2. místě je o 43,4%, varianta se založením na zemních vrutech na 1. místě dokonce až o 63,4% šetrnější k životnímu prostředí než varianta A.

Multikriteriální vyhodnocení analýzy pomocí paprskového grafu je zobrazeno na obr. č. 19.

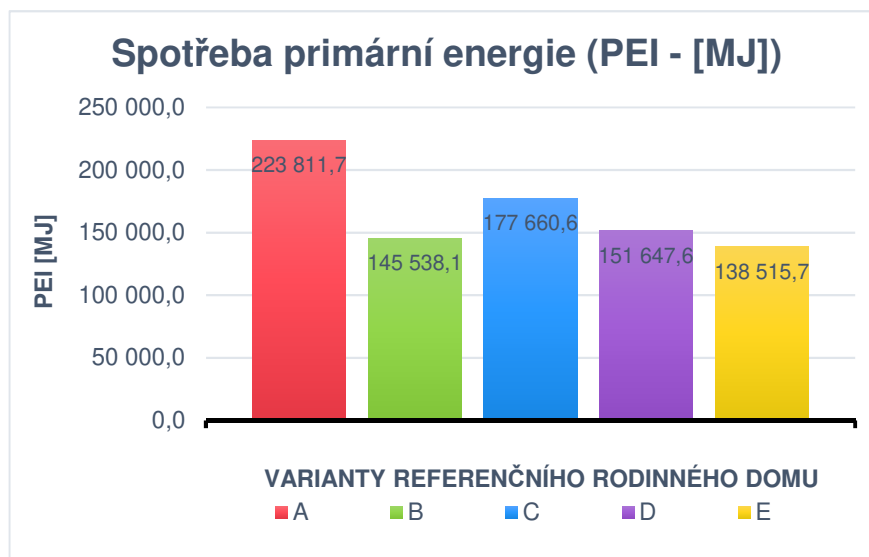
8.2.1. Spotřeba primární energie

Spotřeba primární energie pro výrobu materiálů je zobrazena v grafu č. 1. Zde je vidět množství energie, které je spotřebováno při výrobě materiálu pro rodinný dům A – keramické zdivo. Tato energie je spotřebována především na výrobu cihelných bloků, které jsou z důvodu zlepšení tepelně-technických vlastností plněné minerální vatou.



Obr. 19 – Multikriteriální vyhodnocení analýzy pomocí paprskového grafu

Zdroj: vlastní zpracování



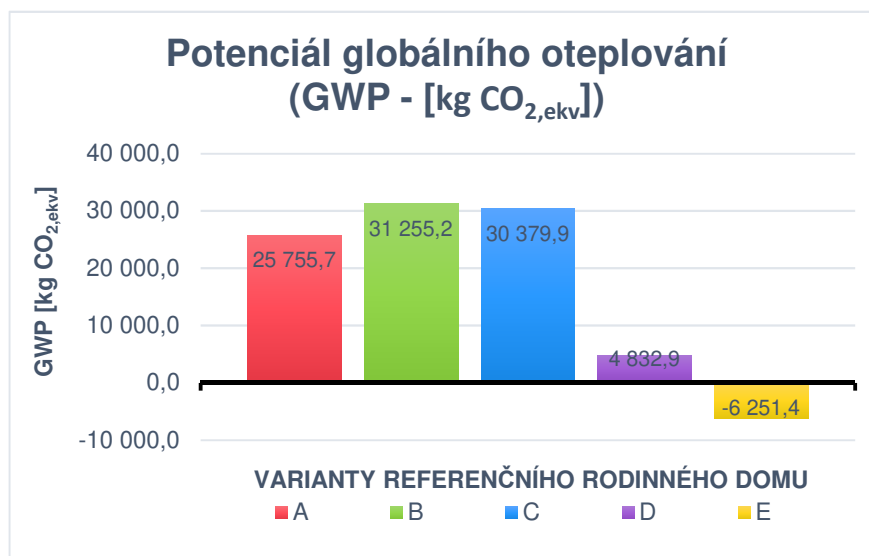
Graf 1 – Spotřeba primární energie referenčních rodinných domů

Zdroj dat: vlastní výpočet

8.2.2. Potenciál globálního oteplování

Potenciál globálního oteplování pro výrobu materiálů je zobrazen v grafu č. 2. Je zde patrný propastný rozdíl mezi dřevostavbou ze SIPs panelů a keramickým a plynosilikátovým zdivem a železobetonem. Nejvyšší hodnoty jsou u variant B a C dosahovány z důvodu procesu výroby používaných pojiv cementu a vápna.

Přestože je SIPs panel tvořen OSB deskami a expandovaným polystyrenem, množství pouze opracovaných dřevěných prvků v celé nosné konstrukci převáží environmentální dopady těchto dvou materiálů. Dřevo jako stavební materiál má výhodu v rámci posouzení životního cyklu výrobku. Předtím, než se dřevo stane stavebním materiálem, vykovává fotosyntézu, při které je oxid uhličitý přeměňován na kyslík a cukry. Výroba KVH hranolů spočívá ve vysušení řeziva a jeho formátování na požadovaný rozměr. V případě této úpravy má dřevo pouze nepatrné dopady na životní prostředí a celková bilance potenciálu globálního oteplování může dosahovat záporných hodnot.

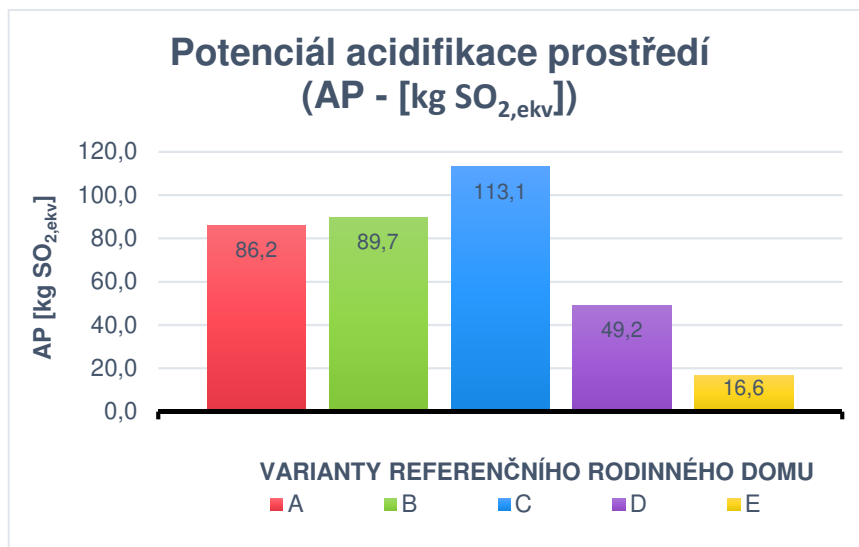


Graf 2 – Potenciál globálního oteplování

Zdroj dat: vlastní výpočet

8.2.3. Potenciál acidifikace prostředí

Potenciál acidifikace prostředí pro výrobu materiálů je zobrazen v grafu č. 3. Rozdíly hodnot u parametru potenciálu acidifikace prostředí jsou dány především rozdílnou hmotností jednotlivých stavebních konstrukcí. Nejvyšší hodnota u železobetonové konstrukce, nejmenší hodnota je naopak u konstrukce ze SIPs panelů založené na zemních vrutech. U této varianty není realizována „těžká“ železobetonová základová deska.

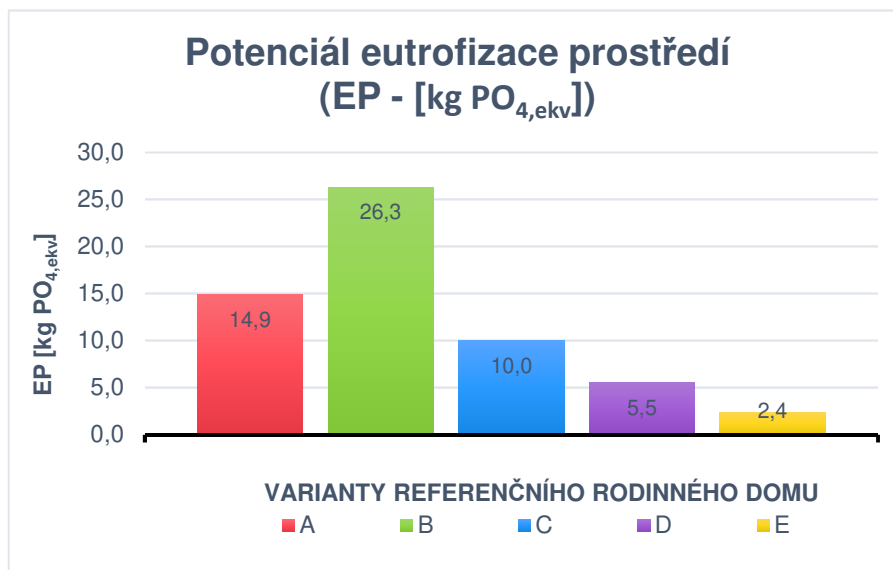


Graf 3 – Potenciál acidifikace prostředí

Zdroj dat: vlastní výpočet

8.2.4. Potenciál eutrofizace prostředí

Potenciál eutrofizace prostředí pro výrobu materiálů je zobrazen v grafu č. 4. Plynosilikátové tvárnice YTONG dosahují nejvyšších hodnot z důvodu procesu jejich výroby spojenými s výrobou páry pro autoklávy.

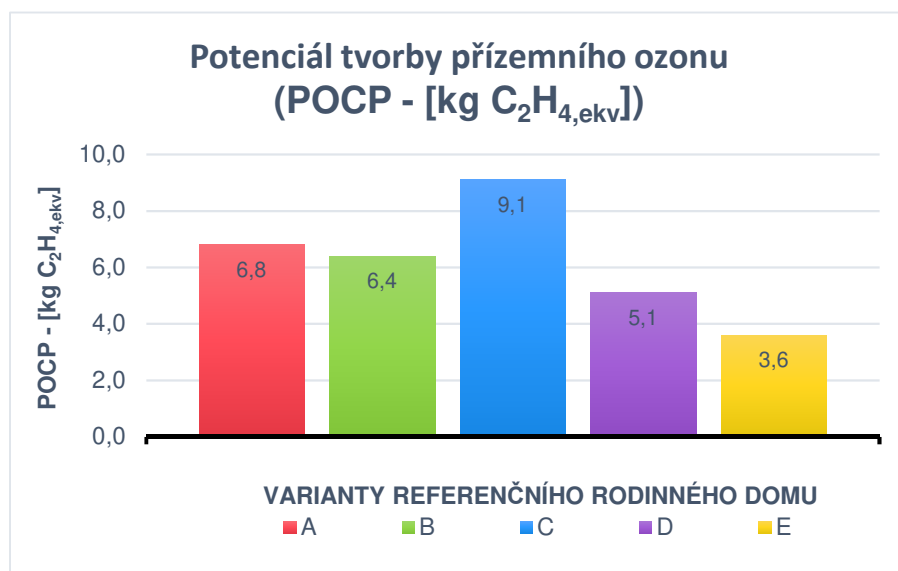


Graf 4 – Potenciál eutrofizace prostředí

Zdroj dat: vlastní výpočet

8.2.5. Potenciál tvorby přízemního ozonu

Potenciál tvorby přízemního ozonu pro výrobu materiálů je zobrazen v grafu č. 5. Maximální hodnoty jsou dosahovány u železobetonové konstrukce, a to především z důvodu procesu výroby cementu.

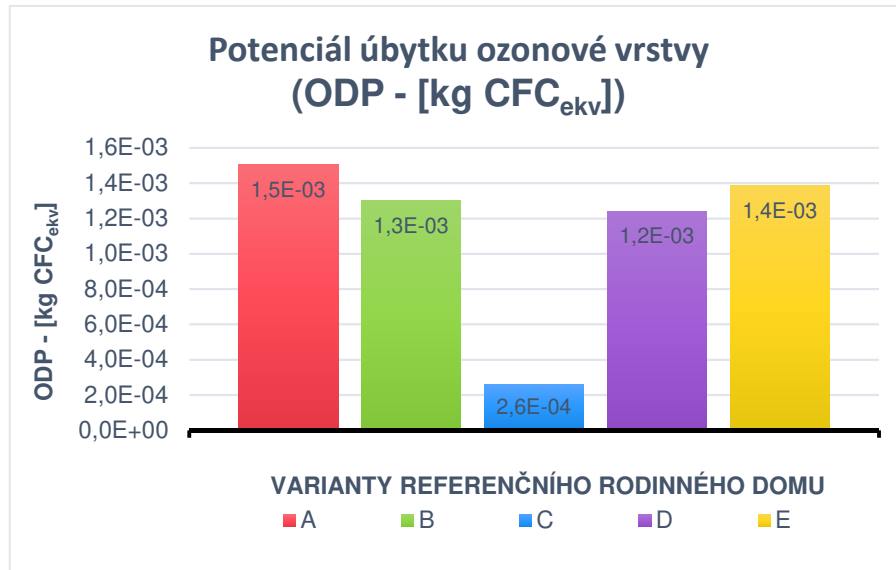


Graf 5 – Potenciál tvorby přízemního ozonu

Zdroj dat: vlastní výpočet

8.2.6. Potenciál úbytku ozonové vrstvy

Potenciál úbytku ozonové vrstvy jednotlivých rodinných domů je zobrazen v grafu č. 6. Na vyšší hodnoty u materiálů cihelných bloků, plynosilikátových tvárnic a polystyrenu (SIPs panely) se podílí zejména jejich vlastní výroba. U železobetonu je tato hodnota řádově nižší než u ostatních materiálů.



Graf 6 – Potenciál úbytku ozonové vrstvy

Zdroj dat: vlastní výpočet

Závěr

V teoretické části diplomové práce byl představen trvale udržitelný rozvoj, dále pak environmentální politika, posouzení životního cyklu budovy, environmentální značení a prohlášení, možnosti certifikace udržitelnosti staveb a v neposlední řadě technické a environmentální parametry stavebních materiálů. Dle ČSN EN 18504 je možné EPD (Environmentální prohlášení o produktu) vytvořené na základě této normy celoevropsky, popř. i celosvětově vzájemně porovnávat.

V praktické části diplomové práce byla provedena analýza vlivu referenčního domu na životní prostředí. Podklady v podobě EPD jednotlivých použitých materiálů nebylo snadné dohledat. V rámci zpracování diplomové práce při sběru dat a podkladů pro environmentální analýzu byli jednak kontaktováni technici firem vyrábějící stavební materiály v České republice a dále byly použity i EPD vypracované mimo Českou republiku. S některými firmami byla spolupráce velmi užitečná a přínosná. Na základě mého zájmu o hodnoty environmentálních parametrů jsem obdržela přesné hodnoty pro jednotlivé stavební prvky, takže výpočty v tomto případě byly velmi přesné. V případě jiných firem jsem byla nucena sama spočítat jednotlivé části konstrukčních prvků. Výpočty mohou být lehce nepřesné z důvodu neobdržení EPD pro konkrétní části konstrukce. Např. pro beton byly kontaktovány tři firmy vyrábějící v České republice betonové směsi. Pouze jedna z firem sdělila, že na EPD pro svůj beton teprve pracují a bude k dispozici během prvního čtvrtletí 2020. Na základě toho jsem byla nucena použít pro beton EPD zpracované německým Informačním centrem pro beton (InformationsZentrum Beton GmbH). Přestože jsou v České republice působí firmy sbírající úspěchy na poli certifikátů LEED, nechávají si pro každou stavbu EPD zpracovávat unikátně. Tyto informace nejsou však veřejně přístupné.

V praktické části diplomové práce bylo určeno, jaké množství materiálu je potřebné pro výstavbu referenčního rodinného domu v pěti jeho variantách. Do jednotlivých výpočtů byla zahrnuta základová konstrukce, nosná konstrukce vč. nenosné příčky a stropní konstrukce. Střešní konstrukce, okenní a

dveřní výplně jsou pro všechny varianty rodinných domů stejné, proto do výpočtů nebyly zahrnuty. Z materiálu potřebných pro výstavbu byly vypočteny environmentální parametry pro jednotlivé varianty rodinného domu. Z tohoto úhlu pohledu se jako nejméně zatěžující životní prostředí při porovnávání jeví rodinný dům s nosnou konstrukcí ze SIPs panelů založený na zemních vrutech. Druhý v pořadí se umístil dům s téže nosnou konstrukcí se založením na železobetonové základové desce. Následně se umístily domy ze železobetonu, keramických zdících prvků a plynosilikátových tvárnic.

Analýza je zaměřena pouze na výpočet environmentálních parametrů při výrobě stavebních materiálů, není zde zahrnuta např. doprava materiálů na staveniště, mechanizace na staveništi nebo bednění a podpůrné konstrukce.

Posuzování environmentálních parametrů materiálů i legislativní podklady v této oblasti jsou v současné době pořád ve svých začátcích. Výrobce může sám rozhodnout, zda bude EPD vypracováno pouze pro některé části životního cyklu výrobku či pro celý životní cyklus.

V České republice je v dnešní době obtížné najít relevantní informace o stavebních materiálech využívaných na našem území. Pro zlepšení tohoto stavu by bylo nutné, aby investoři požadovali po dodavatelích a výrobcích stavebních materiálů správné, přesné a porovnatelné hodnoty pro jejich materiály.

Domnívám se, že by bylo celospolečensky vhodné se zamyslet, zda by neměla být při žádosti o stavební povolení povinnost dokládat nejen informace ohledně vytápění objektu a průměrného součinitele prostupu tepla, ale i environmentální zátěži celého zamýšleného objektu. Jedná se o další z kritérií při rozhodování při výběru konstrukce a stavebního materiálu domu.

9. Zdroje a použitá literatura

9.1. Použitá tištěná literatura

- [1] ŽELEZNÁ, Julie. *Stavební výrobky a životní prostředí – projekt En-
vimat*. 2013. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN
978-80-01-05348-5
- [2] KOČÍ, Vladimír. *LCA a EPD stavebních výrobků: posuzování život-
ního cyklu a environmentální prohlášení o produktu jako cesta k udr-
žitelnému stavebnictví*. 2012. Praha: Česká rada pro šetrné budovy,
2012. ISBN 978-80-260-3504-6.
- [3] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. *Oceňování staveb 3 (pod-
klady, analýzy trhu, veřejné zakázky)* Praha: České vysoké učení
technické v Praze, Fakulta stavební, 2013. ISBN 978-80-01-05423-9
- [4] TAM, Vivian Y. *Sustainable construction technologies: life-cycle as-
sessment*. Cambridge, MA: Elsevier, 2019. ISBN 978-012-81117-
491.
- [5] CIB Report Publication 237. *Agenda 21 pro udržitelnou výstavbu*.
Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, K124, 2001, ISBN 80-01-
02467-9

9.2. Použité zákony a normy

- [Z1] Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí. In: Sbíрка zákonů.
16.1.1992
- [Z2] Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU 305/2011, kterým se
stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků
na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS. In: Úř. věst.
L 88. 4.4.2011
- [Z3] Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. In: Sbíрка zákonů.
1.1.2001

- [Z4] Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. In: Sběrka zákonů. 1. 4. 2013.
- [N1] ČSN EN 15643. Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov – Část 1: Obecný rámec. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 36 s. Třídící znak 730901.
- [N2] ČSN EN 15978. Udržitelnost staveb – Posuzování environmentálních vlastností budov – Výpočtová metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 84 s. Třídící znak 730902.
- [N3] ČSN EN 15392. Udržitelnost ve výstavbě – Obecné principy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 36 s. Třídící znak 730921.
- [N4] ČSN EN ISO 14040. Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006, 36 s. Třídící znak 010940.
- [N5] ČSN EN ISO 14020. Environmentální značky a prohlášení – Obecné zásady. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2002, 12 s. Třídící znak 65289.
- [N6] ČSN EN ISO 14024. Environmentální značky a prohlášení – Environmentální značení typu I – Zásady a postupy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018, 24 s. Třídící znak 505994.
- [N7] ČSN EN ISO 14021. Environmentální značky a prohlášení – Vlastní environmentální tvrzení (environmentální značení typu II). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 20016, 48 s. Třídící znak 501221.
- [N8] ČSN EN ISO 14025. Environmentální značky a prohlášení – Environmentální značení typu III – Zásady a postupy. Praha: Úřad pro

technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006, 40 s. Třídící znak 010925.

- [N9] ČSN EN 15804+A1. Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Základní pravidla pro produktovou kategorii stavebních produktů. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 84 s. Třídící znak 730912.
- [N10] ČSN EN 15942. Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu – Formát komunikace mezi podniky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 32 s. Třídící znak 730913.
- [N11] ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 56 s. Třídící znak 730540.

9.3. Použité elektronické dokumenty

- [w1] Hájek, Petr. Udržitelná výstavba budov a její uplatňování ve střední Evropě. In: casopisstavebnictvi.cz [online]. 12. 2007. [cit. 25.9.2019, 8:00]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/udrzitelna-vystavba-budov-a-jeji-uplatnovani-ve-stredni-evrope> N465
- [w2] Střední průmyslová škola stavební akademika Stanislava Bechyně. Návrh domu z hlediska trvale udržitelné výstavby. In: stavskola.cz [online]. [cit. 24.9.2019, 17:14]. Dostupné z: <https://www.stavskola.cz/projektyagranty/opvk-1/opvk-environmental>
- [w3] Ing. Šimíčková, Marcela, CSc. Modul 8: Environmentální ekonomie a environmentální politika. In: hgf.vsb.cz [online]. [cit. 7.12.2019, 12:49]. Dostupné z: <https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/546/.content/galerie-souboru/Studijni-materialy/EV-modul8.pdf>
- [w4] Ministerstvo životního prostředí. Strategické dokumenty v gesci MŽP. In: mpz.cz [online]. [cit. 7.12.2019, 12:48]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/strategicke_dokumenty_v_gesci_prehled

- [w5] Informační článek tzus.cz. LCA analýza. In: tzus.cz [online]. [cit. 1.12.2019, 17:51]. Dostupné z: <https://www.tzus.cz/sluzby/certifikace-budov/prohlaseni-epd-lca-analyza/lca-analyza>
- [w6] Ing Krečmerová, Tatiana. Ing. Kovaříková Terezie. ETC Consulting Group s.r.o.. Metoda posuzování životního cyklu výrobků či procesů v podnikové praxi. In: enviprofi.cz [online]. 15. 12. 2006 [cit. 1.12.2019, 17:50]. Dostupné z: https://www.enviprofi.cz/33/metoda-posuzovani-zivotniho-cyklu-vyrobků-ci-procesu-v-podnikove-praxi-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox_ZxOoNFLpyE-NTmfcju4Hoa0/www.kursy.cz/?wa=www08ihl
- [w7] Ing. Janeček, Jan. LCA (analýza životního cyklu) a EPD (environmentální prohlášení o produktu). In: atelier-dek.cz [online]. 2014 [cit. 14.11.2019, 23:17]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/lca-anal%C3%B4Dza-%C5%BEivotn%C3%ADho-cyklu-epd-environment%C3%A1In%C3%AD-prohl%C3%A1en%C3%AD-o-produktu-646>
- [w8] Ministerstvo životního prostředí. Národní program environmentálního značení (NPEZ) – aktualizace 2017 In: mpz.cz [online]. [cit. 20.11.2019, 8:48]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/environmentalni_znaceni/\\$FILE/OFDN-NPEZ_v2017-20180410.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/environmentalni_znaceni/$FILE/OFDN-NPEZ_v2017-20180410.pdf)
- [w9] Ministerstvo životního prostředí. Environmentální značení. In: mpz.cz [online]. [cit. 20.11.2019, 8:48]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/environmentalni_znaceni
- [w10] Enviwiki. Označování ekologicky šetrných výrobků. In: enviwiki.cz [online]. 11.5.2016 [cit. 20.11.2019, 8:49]. Dostupné z: https://www.enviwiki.cz/wiki/Ozna%C4%8Dov%C3%A1n%C3%AD_ekologicky_%C5%A1etrn%C3%BDch_v%C3%BDrobn%C5%AF
- [w11] Remtová Květoslava. Dobrovolné nástroje – environmentální značení. In: fns.uniba.sk. [online]. 2011 [cit. 20.11.2019, 8:49]. Dostupné z: https://fns.uniba.sk/fileadmin/prif/actaenvi/ActaEnvi_2011_Suppl/52_Remtova.pdf

- [w12] Environmentální značení a prohlášení o produktu ve stavebnictví. In: stavebnictvi3000.cz [online]. 10.6.2010 [cit. 20.11.2019, 10:15]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/environmentalni-znacen-i-a-prohlaseni-o-produktu-ve-stavebnictvi>
- [w13] Žaludek Lukáš. Ekoznačení. In: enviprofi.cz [online]. 15.9.2016 [cit. 20.11.2019, 10:16]. Dostupné z: https://www.enviprofi.cz/33/ekoznacen-i-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox_Z_SPfwRqceQG-ggiX-iY6fl/
- [w14] Budín Jan. Certifikace budov – oblasti hodnocení a výhody. In: oenergetice.cz [online]. 1.5.2015 [cit. 27.11.2019, 13:02]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/certifikace-budov-oblasti-hodnoceni-a-vyhody/>
- [w15] Ing. Dobiáš Jíří, Ing. Matějčíková Lenka. Certifikace LEED a její použití v České republice. In: stpcr.cz [online]. 1.5.2015 [cit. 27.11.2019, 13:02]. Dostupné z: http://www.stpcr.cz/?download=articles/vvi-2013-02_s58.pdf
- [w16] Informační článek České rady pro šetrné budovy. Co je certifikace budov. In: czgbc.org [online]. [cit. 20.11.2019, 8:14]. Dostupné z: <http://www.czgbc.org/certifikace/co-je-certifikace-budov>
- [w17] Ing. Danešová Daniela. BREEAM a LEED – Certifikace z hlediska udržitelného rozvoje. In: atelier-dek.cz [online]. 2013 [cit. 20.11.2019, 8:14]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/breeam-leed-%E2%80%93-certifikace-z-hlediska-udrzitelneho-rozvoje-528>
- [w18] Firemní článek Enerfis. Certifikace budov podle standardu BREEAM®. In: enerfis.cz [online]. 2017 [cit. 20.11.2019, 8:15]. Dostupné z: <https://www.enerfis.cz/sluzby/zelene-budovy/certifikace-budov-breeam-leed-sbtoolcz/certifikace-budov-breeam>
- [w19] Informační článek České rady pro šetrné budovy. Building Research Establishment Environmental Assessment Method. In: czgbc.org [online]. [cit. 20.11.2019, 8:16]. Dostupné z: <http://www.czgbc.org/certifikace/breeam>

- [w20] Informační článek České rady pro šetrné budovy. Certifikace BREEAM v České republice. In: czgbc.org [online]. 2.4.2012 [cit. 20.11.2019, 8:16]. Dostupné z: <http://www.czgbc.org/zpravy/zprava/104/certifikace-breeam-v-ceske-republice>
- [w21] Firemní článek Enerfis. Certifikace budov podle standardu LEED ®. In: enerfis.cz [online]. 2017 [cit. 20.11.2019, 8:17]. Dostupné z: <https://www.enerfis.cz/sluzby/zelene-budovy/certifikace-budov-breeam-leed-sbtoolcz/certifikace-budov-leed>
- [w22] Informační článek České rady pro šetrné budovy. Certifikace LEED v České republice (část I.). In: czgbc.org [online]. 8.10.2012 [cit. 20.11.2019, 8:17]. Dostupné z: <http://www.czgbc.org/zpravy/zprava/157/certifikace-leed-v-ceske-republice->
- [w23] Informační článek České rady pro šetrné budovy. Leadership in Energy & Environmental Design. In: czgbc.org [online]. [cit. 20.11.2019, 8:17]. Dostupné z: <http://www.czgbc.org/certifikace/leed>
- [w24] Informační článek České rady pro šetrné budovy. Certifikace LEED v České republice (část II.). In: czgbc.org [online]. 9.10.2012 [cit. 20.11.2019, 8:22]. Dostupné z: <http://www.czgbc.org/zpravy/zprava/158/certifikace-leed-v-ceske-republice-cast-ii>
- [w25] Certifikace budov v České republice. In: technickytydenik.cz [online]. 26.9.2014 [cit. 28.11.2019, 8:12]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/certifikace-budov-v-ceske-republice_26886.html
- [w26] Redakce. Český nástroj pro certifikace budov SBToolCZ. In: tzb-info.cz [online]. 1.7.2010 [cit. 1.12.2019, 17:50]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/1_06338-cesky-nastroj-pro-certifikaci-budov-sbtoolcz
- [w27] Informační článek tzus.cz. Certifikace budov SBToolCZ. In: tzus.cz [online]. [cit. 1.12.2019, 17:51]. Dostupné z: <https://www.tzus.cz/sluzby/certifikace-budov/certifikace-budov-sbtoolcz>

- [w28] Ing. Danešová Daniela, Ing. Kupsa Tomáš, Ing. Zwiener Viktor, Ph.D. Certifikační systémy budov v České republice. In: atelier-dek.cz [online]. 2012 [cit. 1.12.2019, 18:02]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/certifikacni-systemy-budov-v-ceske-republice-526>
- [w29] Informační článek sbtool. O SBToolCZ. In: sbtool.cz [online]. 18.10.2018 [cit. 1.12.2019, 18:10]. Dostupné z: <https://www.sbtool.cz/cs/o-sbtoolcz>
- [w30] Informační článek sbtool. Metodika. In: sbtool.cz [online]. 18.10.2018 [cit. 1.12.2019, 18:11]. Dostupné z: <https://www.sbtool.cz/cs/metodika>
- [w31] Firemní článek Enerfis. Certifikace budov podle standardu SBToolCZ. In: enerfis.cz [online]. 2017 [cit. 1.12.2019, 18:12]. Dostupné z: <https://www.enerfis.cz/sluzby/zelene-budovy/certifikace-budov-bre-am-leed-sbtoolcz/sbtoolcz>
- [w32] Informační článek TZB-info. Součinitel prostupu tepla. In: stavba.tzb-info.cz [online]. [cit. 29.9.2019, 14:26]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [w33] Informační článek stavimbydlim. Součinitel prostupu tepla – co to je a jak se vypočítá? In: stavimbydlim.cz [online]. [cit. 29.9.2019, 14:33]. Dostupné z: <https://stavimbydlim.cz/soucinitel-prostupu-tepla-co-to-je-a-jak-se-vypocita/>
- [w34] Ing. Čejka, Michal. Ing. Antonín, Jan, Ph.D. Energetické standardy budov – NZEB. In: stavba.tzb-info.cz [online]. [cit. 2.10.2019, 10:25]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/350-energeticke-standardy-budov-nzeb>
- [w35] Ing. Novotný Jiří, doc. Ing. Matuška Tomáš, Ph.D.. Neobnovitelná primární energie. In: tzb-info.cz [online]. 30.10.2017 [cit. 10.11.2019, 15:01]. Dostupné z: https://vytapani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vytapani/164_91-neobnovitelna-primarni-energie
- [w36] Jasně a přehledně: co patří mezi obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie? In: carbouion.cz [online]. 16.1.2017 [cit. 27.10.2019, 13:19].

Dostupné z: <https://www.carbounion.cz/radce/jasne-a-prehledne-co-patri-mezi-obnovitelne-a-neobnovitelne-zdroje-energie>

- [w37] Eutrofizace a acidifikace životního prostředí. In: klimatickazmena.cz [online]. [cit. 27.10.2019, 15:58]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/eutrofizace-a-acidifikace-zivot-niho-prostredi/>
- [w38] Acidifikace půdy. In: eagri.cz [online]. [cit. 27.10.2019, 16:00]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/ degradace-pud/acidifikace-pudy/>
- [w39] Proces okyselování vod. In: Poradme.se. [online]. [cit. 27.10.2019, 16:00]. Dostupné z: http://poradme.se/index.php/Proces_okyselov%C3%A1n%C3%AD_vod
- [w40] Hornicko-geologická fakulta. Technická univerzita Ostrava. Eutrofizace. In: hgf.vsb.cz/cs/ [online]. [cit. 28.10.2019, 9:21]. Dostupné z: http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_lenticky/eutrofizace.html
- [w41] Využívání odpadních vod k závlaze zemědělských plodin. Eutrofizace prostředí. In: web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/ [online]. [cit. 28.10.2019, 9:21]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3875&typ=html
- [w42] Kočí Vladimír, Burkhard Jiří, Maršálek Blahoslav. Eutrofizace na přelomu tisíciletí. In: ekotoxikologie.sweb.cz [online]. [cit. 28.10.2019, 9:22]. Dostupné z: <http://ekotoxikologie.sweb.cz/toxlab/knihovna/eutrofizace.htm>
- [w43] Skeřil Robert. Přizemní ozón I. – tvorba. In: ovzdusi-brno-jm.cz [online]. 20.7.2017. [cit. 30.10.2019, 10:22]. Dostupné z: <http://www.ovzdusi-brno-jm.cz/index.php/2017/07/20/prizemni-ozon-i-tvorba/>
- [w44] Skeřil Robert. Přizemní ozón II. – vliv počasí. In: ovzdusi-brno-jm.cz [online]. 20.7.2017. [cit. 30.10.2019, 10:23]. Dostupné z: <http://www.ovzdusi-brno-jm.cz/index.php/2017/07/20/prizemni-ozon-ii-vliv-pocasi/>

- [w45] Skeřil Robert. Přizemní ozón III. – vliv polohy. In: ovzdusi-brno-jm.cz [online]. 20.7.2017. [cit. 30.10.2019, 10:24]. Dostupné z: <http://www.ovzdusi-brno-jm.cz/index.php/2017/07/20/prizemni-ozon-iii-vliv-polohy/>
- [w46] Hůnová Iva. Přizemní ozon v Česku. In: vesmir.cz [online]. 10.12.2009. [cit. 30.10.2019, 10:24]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2009/cislo-12/prizemni-ozon-cesku.html>
- [w47] Waldhauserová Pavla. Když ozon škodí aneb Je v našich horách zdrávo? In: vesmir.cz [online]. 4.12.2008. [cit. 30.10.2019, 13:11]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2008/cislo-12/kdyz-ozon-skodi.html>
- [w48] Potenciální zranitelnost půd acidifikací. In: statistiky.vumop.cz [online]. [cit. 11.11.2019, 10:08]. Dostupné z: <https://statistiky.vumop.cz/?core=stat>
- [w49] Wikipedie: Otevřená encyklopedie. Stratosféra. In: cs.wikipedia.org [online]. 15.6.2019 [cit. 11.11.2019, 11:29]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Stratosf%C3%A9ra>
- [w50] Firemní článek: Viessmann s.r.o. Co má společného globální oteplování s vytápěním? In: viessmann.cz [online]. viessmann.cz [cit. 11.11.2019, 12:00]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/globalni-oteplovani-a-vytapeni.html>
- [w51] Dopady změny klimatu – Extrémní jevy. In: klimatickazmena.cz [online]. [cit. 11.11.2019, 12:02]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/dopady-zmeny-klimatu-ex-tremni-jevy/>
- [w52] Oficiální internetová stránka Evropské unie. Příčiny změny klimatu. In: ec.europa.eu [online]. [cit. 11.11.2019, 12:01]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/clima/change/causes_cs
- [w53] RNDr. Metelka Ladislav, Ph.D.. Minulost, současnost a budoucnost ozonové vrstvy. In: tzb-info.cz [online]. 12.1.2015 [cit. 17.11.2019,

11:20]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/klimaticke-zmeny/12215-minulost-soucasnost-a-budoucnost-ozonove-vrstvy>

- [w54] Mgr. Kolář Jan, Ph.D., doc. RNDr. Kotek Jan, Ph.D.. Jak freony likvidují ozonovou vrstvu? In: prirodovedci.cz [online]. 29.6.2016 [cit. 17.11.2019, 11:23]. Dostupné z: [https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodo vedcu/1469](https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodo-vedcu/1469)
- [w55] Petrlík Jindřich, Ing. Válek Petr. Chlorofluorouhlovodíky (CFC). In: arnika.org [online]. [cit. 17.11.2019, 11:25]. Dostupné z: <https://arnika.org/chlorofluorouhlovodiky-cfc>
- [w56] Enviwiki. Narušení ozónové vrstvy. In: enviwiki.cz [online]. 26.5.2016 [cit. 17.11.2019, 11:27]. Dostupné z: https://www.enviwiki.cz/wiki/Naru%C5%A1en%C3%AD_oz%C3%B3nov%C3%A9_vrstvy
- [w57] RNDr. Vaníček Karel, CSc. Ozonová vrstva a význam její ochrany. In: [geology.cz](http://www.geology.cz) [online]. [cit. 17.11.2019, 11:29]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/mujkousekzeme/veda/dira-do-sveta/ozonova-vrstva>

9.4. Seznam zkratek

AP	Acidification Potential – potenciál acidifikace prostředí
BRE	British Research Establishment – Britský výzkumný institut pro budovy
BREEAM	British Research Establishment Environmental Assessment Method
č.	číslo
EP	Eutrophication Potential – potenciál eutrofizace prostředí
EPD	Environmental Product Declaration – environmentální prohlášení o produktu
GWP	Global Warming Potential – potenciál globálního oteplování
LEED	Leadership in Environmental and Energy Design
LCA	Life Cycle Assessment – posuzování životního cyklu
obr.	obrázek
ODP	Ozone Depletion Potential – potenciál úbytku ozonové vrstvy
PCR	Product Category Rules – pravidla produktové kategorie
PEI	Primary Energy Input – spotřeba primární energie
POCP	Photochemical Ozone Creation Potential – potenciál tvorby přízemního ozonu
SPŽP	Státní politika životního prostředí
tab.	tabulka
ŽP	životní prostředí

9.5. Seznam obrázků

Obr. 1 – Trvale udržitelná výstavba.....	12
Obr. 2 – Transformační proces.....	13
Obr. 3 – Primární aspekty udržitelnosti	14
Obr. 4 – Klíčové oblasti Strategického rámce Česká republika 2030	17
Obr. 5 – Životní cyklus budovy	22
Obr. 6 – Relativní množství environmentálních dopadů během různých stádií životního cyklu budov.....	22
Obr. 7 – Od kolébky do hrobu	24
Obr. 8 – Fáze LCA	25
Obr. 9 – Česká a evropská ekoznačka.....	29
Obr. 10 – Grafické příklady vlastního environmentálního tvrzení – Möbiova smyčka, kompostovatelný, rozložitelný	30
Obr. 11 – Procesní management tvorby EPD	32
Obr. 12 – Informační moduly požadované ČSN EN 15804	32
Obr. 13 – Hranice produktového systému	33
Obr. 14 – Praga Studios	42
Obr. 15 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně.....	48
Obr. 16 – Změna rozlohy ledové plochy v oblasti Severního pólu.....	52
Obr. 17 – Projev eutrofizace na vodní ploše.....	55
Obr. 18 – Ochrana před UV zářením ozónovou vrstvou.....	57
Obr. 19 – Multikriteriální vyhodnocení analýzy pomocí paprskového grafu	71

9.6. Seznam grafů

Graf 1 – Spotřeba primární energie referenčních rodinných domů....	72
Graf 2 – Potenciál globálního oteplování.....	73
Graf 3 – Potenciál acidifikace prostředí	74
Graf 4 – Potenciál eutrofizace prostředí	74
Graf 5 – Potenciál tvorby přízemního ozonu	75
Graf 6 – Potenciál úbytku ozonové vrstvy	76

9.7. Seznam tabulek

Tab. 1 – Základní charakteristiky environmentálních značení a prohlášení.....	34
Tab. 2 – Hodnocené kategorie certifikace BREEAM.....	38
Tab. 3 – Dosažitelné úrovně certifikace BREEAM	39
Tab. 4 – Hodnocené kategorie certifikace LEED.....	41
Tab. 5 – Dosažitelné úrovně certifikace LEED	41
Tab. 6 – Hodnocené kategorie certifikace SBToolCZ.....	44
Tab. 7 – Dosažitelné úrovně certifikace SBToolCZ.....	44
Tab. 8 – Hodnocené environmentální parametry	49
Tab. 9 – Potenciální zranitelnost zemědělské půdy v ČR acidifikací. 54	
Tab. 10 – Založení domu na železobetonové základové desce	62
Tab. 11 – Založení domu na zemních vrutech	62
Tab. 12 – Konstrukce obvodové stěny domu z keramického zdiva (POROTHERM).....	63
Tab. 13 – Konstrukce stropu domu z keramického zdiva (POROTHERM).....	64

Tab. 14 – Konstrukce obvodové stěny domu z plynosilikátového zdiva (YTONG)	65
Tab. 15 – Konstrukce stropu domu z plynosilikátového zdiva (YTONG)	65
Tab. 16 – Konstrukce obvodové stěny domu ze železobetonu	66
Tab. 17 – Konstrukce stropu domu ze železobetonu	67
Tab. 18 – Konstrukce obvodové stěny domu ze SIPs panelů (EUROPANEL).....	67
Tab. 19 – Konstrukce stropu domu ze SIPs panelů (EUROPANEL) .	68

9.8. Seznam příloh

- Příloha č:1: Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla – Varianta A
- Příloha č:2: Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla – Varianta B
- Příloha č:3: Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla – Varianta C
- Příloha č:4: Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla – Varianta D
- Příloha č:5: Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla – Varianta E
- Příloha č.6: Porovnání výsledků environmentálních parametrů pro referenční rodinný dům
- Příloha č.7: Výpočet environmentálních parametrů rodinného domu A
- Příloha č.8: Výpočty varianty RD A
- Příloha č.9: Výpočet environmentálních parametrů rodinného domu B
- Příloha č.10: Výpočty varianty RD B
- Příloha č.11: Výpočet environmentálních parametrů rodinného domu C
- Příloha č.12: Výpočty varianty RD C
- Příloha č.13: Výpočet environmentálních parametrů rodinného domu D
- Příloha č.14: Výpočty varianty RD D
- Příloha č.15: Výpočet environmentálních parametrů rodinného domu E

Příloha č.16: Výpočty varianty RD E

Příloha č.17: Použité Environmentální značení typu III – EPD

Příloha č.18: Výkresy

Výkres č.1: Nosná konstrukce referenčního RD A – cihelné bloky (POROTHERM) – Půdorys

Výkres č.2: Nosná konstrukce referenčního RD A – cihelné bloky (POROTHERM) – Řez

Výkres č.3: Nosná konstrukce referenčního RD B – plynosilikátové tvárnice (YTONG) – Půdorys

Výkres č.4: Nosná konstrukce referenčního RD B – plynosilikátové tvárnice (YTONG) – Řez

Výkres č.5: Nosná konstrukce referenčního RD C – železobeton – Půdorys

Výkres č.6: Nosná konstrukce referenčního RD C – železobeton – Řez

Výkres č.7: Nosná konstrukce referenčního RD D – SIPs PANEL (EUROPANEL) – Půdorys

Výkres č.8: Nosná konstrukce referenčního RD D – SIPs PANEL (EUROPANEL) – Řez

Výkres č.9: Nosná konstrukce referenčního RD E – SIPs PANEL (EUROPANEL) – Půdorys

Výkres č.10: Nosná konstrukce referenčního RD E – SIPs PANEL (EUROPANEL) – Řez